

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Nikolina Oulovsky

UTJECAJ KONCEPTA „INDUSTRIJA 4.0“ NA RAZVOJ DISTRIBUCIJSKIH
SUSTAVA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 5. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Distribucijska logistika I**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4907

Pristupnik: **Nikolina Oulovsky (0135232683)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Utjecaj koncepta Industrija 4.0 na razvoj distribucijskih sustava**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati najznačajnije elemente koncepta Industrija 4.0 te navesti mogući utjecaj primjene tog koncepta na distribucijske mreže i razvoj distribucijskih sustava i logističkih usluga u budućnosti.

Navedeno je potrebno opisati na primjerima iz prakse.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

UTJECAJ KONCEPTA INDUSTRIJA 4.0 NA RAZVOJ DISTRIBUCIJSKIH
SUSTAVA

THE IMPACT OF INDUSTRY 4.0 CONCEPT ON DEVELOPMENT OF
DISTRIBUTION SYSTEMS

Mentor: dr. sc. Kristijan Rogić

Student: Nikolina Oulovsky, 0135232683

Zagreb, 2018.

SAŽETAK

Industrija 4.0 označava početak nove Industrijske revolucije. Koncept industrije 4.0 nije jednostavan. Obuhvaća mnoge tehnologije i koristi se u različitim kontekstima. Postoji mnogo tehnologija koje definiraju industriju 4.0, a neke od njih su: IoT, Big data, 3D printeri, pametne tvornice, Cloud Computing, Kibernetičko-fizički sustavi. IoT omogućuje ugrađivanje informacija fizičkih objekata u virtualni svijet i na kraju donosi spajanje između stvarnih i virtualnih sustava. Stoga, IoT predstavlja temelj za izgradnju Kibernetičko-fizičkih sustava. Big Data zapravo je masa raznolikih podataka koja pristižu velikom brzinom i učestalošću i zbog toga se stalno uvećava njihov volumen (3V – volume, velocity, variety). Pametna tvornica predstavlja korak naprijed od tradicionalne automatizacije do potpuno povezanog i fleksibilnog sustava - onog koji može koristiti konstantan tok podataka iz povezanih operacija i proizvodnih sustava kako bi naučili i prilagodili se novim zahtjevima. Cloud computing je paradigma informatičke tehnologije (IT), model koji omogućava sveprisutan pristup dijeljenim bazama konfigurabilnih resursa, kao što su računalne mreže, poslužitelji, pohrana, aplikacije i usluge. Kibernetičko-fizički sustavi su osnova industrije 4.0. Oni povezuju fizičke objekte, prostore i strojeve putem digitalnih uređaja kao što su senzori, koji prikupljaju i analiziraju podatke i na temelju toga donose odluke. Posljednjih nekoliko godina vidljiv je razvoj tehnologija u proizvodnji i distribuciji. Ovaj spoj digitalnih i fizičkih sustava - poznatih kao industrija 4.0, je otvorio put za povezivanje iskustva koja utječu na sve od dizajna proizvoda i planiranja opskrbnog lanca do proizvodnje. Iza procesa konstruiranja i proizvodnje robe, tehnologije inherentne u industriji 4.0 također mogu utjecati na način na koji se završna roba premješta, skladišti, i distribuira

KLJUČNE RIJEČI: Industrija 4.0, Internet stvari, velike količine podataka, 3D printeri, pametna tvornica, računalni oblak, kibernetičko-fizički sustavi, distribucijski sustavi

SUMMARY

Industry 4.0 signifies the promise of a new Industrial Revolution. Concept of Industry 4.0 is not simple. It covers many technologies and is used in different contexts. There are many technologies that define industry 4.0, and some of them are: IoT, Big data, 3D Printers, Smart Factory, cloud computing, Cyber-Physical Systems. IoT allows to embed the information of physical objects into virtual world, and in the end brings with the merging between real and virtual systems. Therefore, IoT is to somehow foundation for the construction of Cyber-Physical Systems. Big Data is actually a mass of diverse data that arrives at a high speed and frequency and is therefore constantly increasing their volume (3V - volume, velocity, variety). A smart factory is a step forward from traditional automation to a fully-fledged and flexible system - one that can use a steady stream of data from related operations and production systems to learn and adapt to new requirements. Cloud computing is an information technology (IT) paradigm, a model for enabling ubiquitous access to shared pools of configurable resources such as computer networks, servers, storage, applications and services. Cyber-physical systems are the basis of industry 4.0. They connect physical objects, environments and machines through digital devices such as sensors, which collect and analyse data and make decisions based on it. Recent years have seen the rise of connected technologies throughout the manufacturing and distribution value chain. This combination of digital and physical systems, known as Industry 4.0 has paved the way for increasingly connected experiences that impact everything from product design and planning to supply chain and production. Beyond the processes of designing and producing goods, however, the technologies inherent in Industry 4.0 can also impact the manner in which finished goods are moved, warehoused, and distributed.

KEYWORDS: Industry 4.0, Internet of Things, Big Data, 3D Printers, Smart Factory, Cloud Computing, Cyber-physical systems, Distribution systems

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ČETVRTA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA	2
2.1. Preduvjeti za uvođenje industrije 4.0.	5
2.2. Glavne značajke industrije 4.0.....	6
2.2.1. Interoperabilnost	7
2.2.2. Transparentnost i virtualizacija.....	7
2.2.3. Decentralizacija i autonomija	8
2.2.4. Real-time.....	9
2.2.5. Tehnička pomoć i orijentacija ka uslužnom tipu proizvodnje.....	9
2.2.6. Modularnost	10
2.3. Koncept industrije 4.0.	11
2.4. Ključne tehnologije	12
2.4.1. Internet stvari (eng. Internet of things - IoT)	12
2.4.2. Big data.....	19
2.4.3. 3D Printeri	20
2.4.4. Pametna tvornica (eng. Smart Factory)	23
2.4.4.1. Značajke pametne tvornice	25
2.4.4.2. Prednosti pametne tvornice	27
2.4.5. Računalni oblak (eng. Cloud computing)	29
2.4.6. Kibernetičko – fizički sustavi (eng. Cyber-Physical Systems - CPS).....	31
2.5. Horizontalna i vertikalna integracija u Industriji 4.0.....	34
3. UTJECAJ INDUSTRIJE 4.0. NA DISTRIBUCIJSKE SUSTAVE.....	37
3.1. Promjena lokacije proizvodnje	37
3.2. Autonomna vozila	41
3.3. Dronovi	42

4. TRENUTNO STANJE PRIMJENE KONCEPATA INDUSTRIJE 4.0 U DISTRIBUCIJSKOM SUSTAVIMA	43
5. ZAKLJUČAK	51
Popis Kratica	52
Literatura	53
Popis slika	56

1. UVOD

Predmet istraživanja ovog diplomskog rada je Industrija 4.0 te njen utjecaj na distribucijske sustave. Tehnologija i industrija uvijek su išle ruku pod ruku, tako da nije iznenađenje da nove tehnologije počinju mijenjati distribucijsku industriju. To nije nužno loša stvar, osim ako tvrtke na koje se to odnosi ne mogu držati korak s neprestanim napretkom tehnologije.

Cilj ovog rada je predložiti trenutno stanje odnosno trenutni napredak industrije 4.0. sa naglaskom na distribucijske sustave. Također, cilj je i prikazati najznačajnije tehnologije industrije 4.0 koje su zapravo glavni pokretači promjena odnosno napretka.

Rad je podijeljen na četiri poglavlja. Drugo poglavlje bazira se na definiciji industrije 4.0, razvoju od industrije 1.0 do industrije 4.0, preduvjetima koje je potrebno ispuniti za implementaciju industrije 4.0, također, opisane su i glavne značajke (interoperabilnost, transparentnost, decentralizacija, modularnost...) kao i ključne tehnologije; Internet stvari, Big data, 3D printeri, Pametne tvornice, Računalni oblak i Kibernetičko-fizički sustavi.

U trećem poglavlju govori se o utjecaju Industrije 4.0 na distribucijske sustave, primjeni tehnologija industrije 4.0 prilikom dostave pošiljaka, primjeni autonomnih prijevoznih sredstava prilikom distribucije tereta kao i o mogućnosti skore promijene trenutnih lokacija proizvodnje na proizvodnju u blizini potrošača što bi imalo veliki utjecaj na distribucijske sustave.

Četvrto poglavlje orijentirano je na trenutno stanje primjene tehnologija industrije 4.0 u distribucijskim sustavima.

2. ČETVRTA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA

Industrija 4.0 označava početak nove Industrijske revolucije. Revoluciju koja će povezati napredne tehnike proizvodnje i operacija s pametnim digitalnim tehnologijama kako bi se stvorilo digitalno poduzeće koje ne bi samo trebalo biti međusobno povezano i autonomno već koje bi moglo komunicirati, analizirati i koristiti dobivene podatke za daljnji inteligentni razvoj i djelovanje u fizičkom svijetu.¹

Općenito, industrija 4.0 obuhvaća razvoj i integraciju inovativnih informacijskih i komunikacijskih tehnologija u industriji. Glavni cilj je poticanje inteligentnog umrežavanja proizvoda i procesa duž vrijednosnog lanca, čime se omogućuje učinkovitije korištenje organizacijskih procesa u stvaranju roba i usluga kako bi se poboljšala korisnička korist nudeći im nove proizvode i usluge. Te povezane promjene u industrijskom sektoru smatraju se sveobuhvatnom paradigmom koja se trenutno zove četvrta industrijska revolucija.²

Ona predstavlja načine na koje će „*Smart connected*“ tehnologija postati ugrađena u organizacije, ljude i imovine, a obilježena je mnogim sposobnostima odnosno ključnim tehnologijama kao što su: robotika, analitika, umjetna inteligencija i kognitivne tehnologije, nanotehnologija, kvantno računanje, Internet stvari, proizvodnja aditiva i napredni materijali.³

Iako su njeni korijeni u proizvodnji, industrija 4.0 je više nego samo proizvodnja. Inteligentne, povezane tehnologije mogu transformirati načine na koji su proizvodi i njihovi dijelovi dizajnirani, izrađeni, korišteni i održavani.

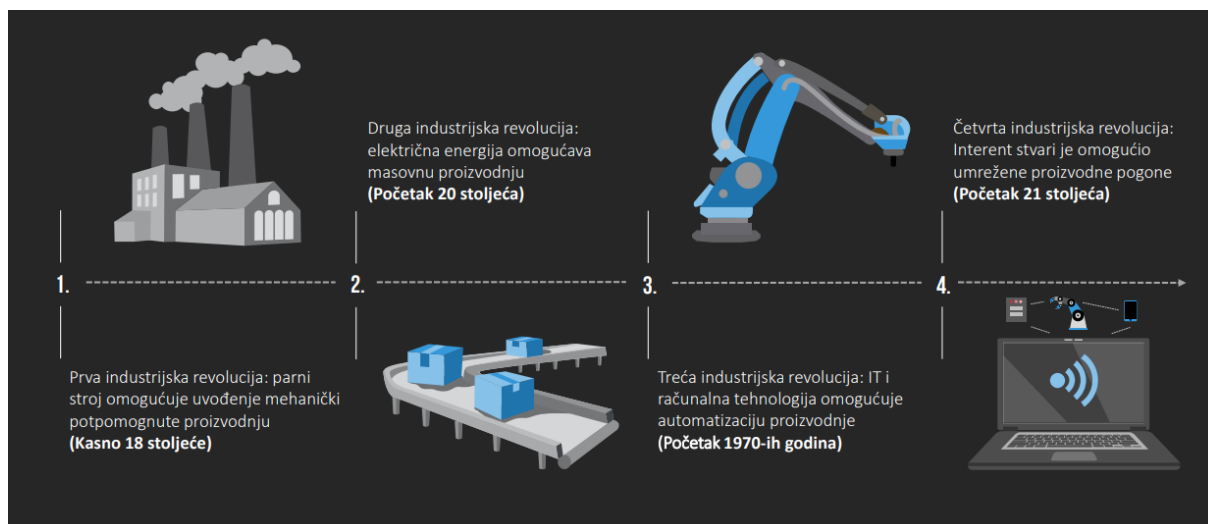
Ukratko, industrija 4.0 uvodi digitalnu stvarnost koja može promijeniti pravila proizvodnje, operacija, radne snage - čak i društvo⁴

¹ Cotteleer M., Sniderman B.: „Forces of change Industry 4.0“, Deloitte Insights, 2017.

² Barreto L., Amaral A., Pereira T.: Industry 4.0 implications in logistics, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, Science Direct

³ Cotteleer M., Sniderman B.: „Forces of change Industry 4.0“, Deloitte Insights, 2017.

Cotteleer M., Sniderman B.: „Forces of change Industry 4.0“, Deloitte Insights, 2017.



Slika 1. Razvojni koraci od industrije 1.0 prema industriji 4.0

Izvor: <https://www.hgk.hr/documents/hgk-industrija-4058d8c59722f1e.pdf>

Razvojni koraci od industrije 1.0 prema industriji 4.0 prikazani su na slici 1:

- Prva industrijska revolucija započela je razvojem parnog stroja i uvođenjem teške mehaničke proizvodne opreme.
- Druga industrijska revolucija obilježena je korištenjem električne energije, što je omogućilo korištenje transportne trake i montažne linije.
- Treća industrijska revolucija donijela je automatizaciju proizvodnih procesa kroz masivnu uporabu elektronike te informacijske i komunikacijske tehnologije.
- Konačno, evolucija kibernetičkih tehnologija i njihova integracija u digitalne ekosustave duž svih vrijednosnih lanaca pridonijela je nastanku četvrte industrijske revolucije pod nazivom "Industry 4.0". Prvo upućivanje na industriju 4.0 predstavljeno je na Sajmu industrijskih tehnologija u Hannoveru 2011. godine⁵

Od tada su mnoge tvrtke počele razvijati rješenja u skladu s konceptom industrije 4.0. Mnoge vlade također podupiru razvoj takvih rješenja, osobito europske vlade (s naglaskom na Njemačku vladu), Vlada Sjedinjenih Američkih Država i

⁵Barreto L., Amarala A., Pereira T.: Industry 4.0. implications in logistics, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, Science Direct

japanska vlada, potvrđujući da se ova nova industrija promatra kao strategija od strane glavnih industrijskih grana.⁶

Općenito, glavna svrha industrije 4.0 je pojava digitalne proizvodnje, nazvana i kao "smart factory", što znači pametno umrežavanje, mobilnost, fleksibilnost industrijskih operacija i njihova interoperabilnost, integracija s kupcima i dobavljačima te usvajanje inovativnih poslovnih modela. Temeljna značajka povezana sa četvrtom industrijskom revolucijom je inteligentna mreža temeljena na kibernetičko-fizičkim sustavima.⁷

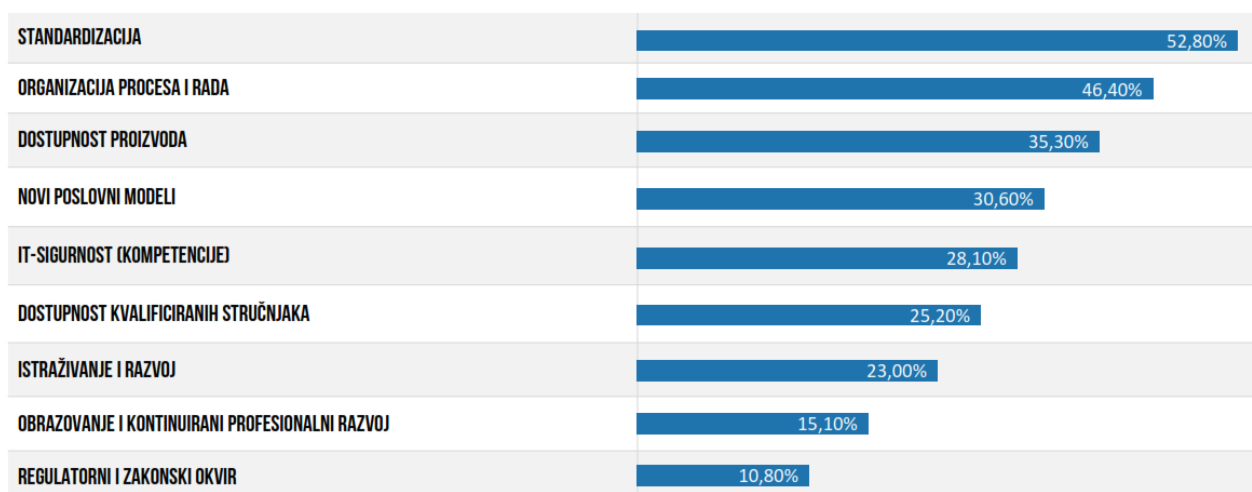
⁶Barreto L., Amarala A., Pereiraa T.: Industry 4.0. implications in logistics, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, Science Direct

⁷Barreto L., Amarala A., Pereiraa T.: Industry 4.0. implications in logistics, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, Science Direct

2.1. Preduvjeti za uvođenje industrije 4.0.

Preduvjeti za uvođenje industrije 4.0 ovise o trenutnom stanju određenih proizvodnih tvrtki koje teže napretku. Ako trenutni uvjeti tvrtke koja teži uvođenju industrije 4.0 značajno odstupaju od vizije četvrte industrijske revolucije, tada će biti mnogo preduvjeta koje je potrebno zadovoljiti. Ako tvrtka ispunjava uvjete za uvođenje industrije 4.0, većim dijelom tada će industriju 4.0 primijeniti sa ispunjenjem uvjeta koji nedostaju.⁸

Rezultati istraživanja u kojima su testirane dvije stotine sedamdeset osam tvrtki (koje proizvode strojeve i biljke) pokazuju najveće izazove za vrijeme uvođenja industrije 4.0. Tvrtke su navele standardizaciju sustava i procesa kao najvažniji preduvjet za implementaciju industrije 4.0. Standardizirani sustavi, platforme, procesi i sučelja čine ključnu infrastrukturu za lakšu implementaciju industrije 4.0.⁹



Slika 2. Preduvjeti za uvođene industrije 4.0.

Izvor: Smit J., Kreutzer S., Moeller C., Carlberg M.: „Industry 4.0“, European Union, 2016

⁸ Crnjac M., Veža I., Banduka N.: „From Concept to the Introduction of Industry 4.0“, International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIE), Vol. 8 No 1, 2017, pp. 21-30

⁹ Crnjac M., Veža I., Banduka N.: „From Concept to the Introduction of Industry 4.0“, International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIE), Vol. 8 No 1, 2017, pp. 21-30

Na slici 2 su prikazani osnovni preduvjeti za inplemetnaciju industrije 4.0, a to su:

- Standardizacija sustava, platformi, protokola, veza i sučelja predstavlja ključnu i referentnu arhitekturu, koja bi trebala pružiti tehnički opis ovih standarda i olakšati njihovu provedbu i omogućiti jednostavniju implementaciju procesa industrije 4.0. Za uspostavljanje standardizacije je potrebna međusobna suradnja svih poduzeća.
- Organizacija rada morat će se prilagoditi promjenama u poslovnim modelima. „*Real time*“ usmjerena kontrola će transformirati sadržaj rada, procesa i okoliš, što rezultira povećanom odgovornošću i kontinuiranom potrebom razvoja za pojedince. To će zahtijevati zajednički napor između zainteresiranih strana kako bi bili uspješni.
- Da li će biti dostupni proizvodi koji se mogu koristiti u procesu proizvodnje ili prodati na različitim kupcima?
- Novi poslovni modeli moraju se razvijati i provoditi - koji su troškovi i tko će podnijeti rizik i troškove za inicijative koje ne uspiju?
- Sigurnost / zaštita znanja – presudno u globalnoj konkurenciji. Da li će tvrtke/vlade biti spremne uložiti ako im inovacije mogu biti lako duplicirane od strane drugih koji nisu morali uložiti u istraživanje i razvoj (uključujući one sa sjedištem u trećim zemljama)? Hoće li troškovi ulaganja u sigurnost opreme za zaštitu radnika biti razmjerne potencijalnim dobicima? Proizvođači će se morati zaštititi od zloupotrebe i neovlaštenog pristupa npr. pomoću jedinstvenih identifikatora i obučavanjem osoblja.
- dostupnost kvalificiranih radnika koji mogu dizajnirati i upravljati industrijom 4.0. Tko će uložiti u njihove vještine i obuku? Koje su implikacije, u smislu zapošljavanja za one bez takvih vještina?
- Tko će izvršiti istraživanja potrebna za daljnji razvoj industrije 4.0 (javna/privatna)?¹⁰

2.2. Glavne značajke industrije 4.0

Četvrta industrijska revolucija je organizacijska i kontrolna razina koja obuhvaća cijeli lanac vrijednosti proizvoda od sirovina do proizvodnje, isporuke, podrške,

¹⁰ Smit J., Kreutzer S., Moeller C., Carlberg M.: „Industry 4.0“, European Union, 2016

održavanja i konačne reciklaže. Temelji se na snimanju i inteligentnom upravljanju u realnom vremenu svih dostupnih podataka tijekom životnog ciklusa proizvoda i proizvodnih sustava. Cilj je postići snažnu prilagodbu proizvoda pod uvjetima izuzetno fleksibilne masovne proizvodnje.¹¹

Kao i kod bilo kakve velike promjene, postoje izazovi inherentni usvajanju modela industrije 4.0 kao što su pitanja sigurnosti podataka, pouzdanost i stabilnost automatiziranih sustava, integritet proizvodnih procesa ili nedostatak iskustva i radne snage za stvaranje i implementaciju tih sustava. Prednosti Industrije 4.0 su mnogobrojne. Zdravlje i sigurnost radnika mogla bi se poboljšati. Industrijski procesi mogu biti lakše kontrolirani kada postoje podaci u stvarnom vremenu na svim razinama proizvodnog procesa. Računalna kontrola, optimizacija i automatizacija mogu poboljšati produktivnost i proizvoditi kvalitetnije i personalizirane proizvode.¹²

2.2.1. Interoperabilnost

Interoperabilnost podrazumijeva suradnju, sposobnost da mnogi standardi međusobno komuniciraju, tako da se podaci iz različitih izvora mogu iskoristiti. Interoperabilnost podrazumijeva povezivanje uređaja, povezane komunikacijske tehnologije, povezivanje ljudi, podataka, osobe povezane i u suradnji sa strojevima, strojevi koji rade sa strojevima, interoperabilne jedinstvene i holističke informacije, i tako dalje.¹³

2.2.2. Transparentnost i virtualizacija

Transparentnost informacija podrazumijeva sposobnost informacijskih sustava i „*cyber-physical*“ (sustavi za integraciju računanja, umrežavanja i fizičkih procesa) sustava da simuliraju i stvaraju virtualne kopije elementa fizičkog svijeta stvaranjem digitalnih modela koji se hrane svim tim podacima koji se prikupljaju kroz senzore i interoperativne i interoperabilne „stvari“.¹⁴

¹¹ Barbero J.I.: „Industry 4.0: key features and benefits, COCOP,2017

¹² Barbero J.I.: „Industry 4.0: key features and benefits, COCOP,2017

¹³ https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

¹⁴ https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

Bez interoperabilnosti, transparentnost i virtualizacija informacija nisu mogući jer se informacije moraju staviti u kontekst, s obzirom da su sustavi kontekstualni, kombinirajući podatke iz drugih izvora.¹⁵

2.2.3. Decentralizacija i autonomija

Centralizirane arhitekture sustava, u kojima je poslovna logika sadržana u središnjem računalnom sustavu koji podržava ili kontrolira rad različitih podsustava, godinama su bila norma u upravljanju materijalima. Međutim, centralizirani sustavi imaju ograničenja u područjima koja su ključna za industriju 4.0. Centralizirani sustavi nisu fleksibilni i imaju određeni kapacitet, a jednom kada se postigne taj kapacitet, sustav se više ne može proširiti kako bi zadovoljio sve veće zahtjeve. Takav sustav nema veliku toleranciju na kvarove, što znači da jedan neuspjeh može zaustaviti cijeli sustav.¹⁶

U decentraliziranoj arhitekturi sustava, logika se nalazi u čvorovima koji podržavaju ili kontroliraju daljinske komponente ili podsustave. Prilagođava se svojoj okolini, širi podatke putem „*peer-to-peer*“ (svaki sa svakim) komunikacije i oblikuje svoju funkcionalnost i inteligenciju kombinirajući sposobnosti svakog čvora. U potpuno decentraliziranoj arhitekturi, sva poslovna logika je ugrađena u podsustav ili komponentu tako da posjeduje svu inteligenciju koja je potrebna za funkcije koje treba obaviti, koordinirajući svoje aktivnosti s drugim podsustavima za obradu složenih zadataka.¹⁷

Decentralizirane i autonomne odluke nisu samo ključne u tehnologijama i „cyber-physical“ sustavima industrije 4.0 nego i u ljudskim aspektima budući da sve odluke ne mogu biti u potpunosti automatizirane, a ljudsko planiranje, interpretacija i odluke još uvijek su ključni i u mnogim slučajevima postoji mješavina polu-autonomnih sposobnosti u suradnji s ljudima (npr. kolaborativni roboti).¹⁸

¹⁵ https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

¹⁶ www.swislog.com

¹⁷ www.swislog.com

¹⁸ https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

2.2.4. Real-time

Napredne analitike, inteligencije, informacijski i proizvodni sustavi u pametnom proizvodnom okruženju u širem kontekstu suradnje i ekosustava već se bave razvojem sposobnosti u realnom vremenu.¹⁹

Dakle, logično je da na razini podataka, pretvarajući ga u djelotvornu inteligenciju, pri donošenju odluka, na razini procesa i funkcioniranja cjelokupne proizvodnje, operacija logistike i "pametnih tvornica", postoji potreba za „real-time“ mogućnostima. Štoviše, sposobnost razmjene informacija u stvarnom vremenu bitna je za orijentiranje i modularnost.²⁰

2.2.5. Tehnička pomoć i orijentacija ka uslužnom tipu proizvodnje

Orijentacija ka uslužnom tipu proizvodnje povezana je s uslugom u ekonomskom pogledu, internetom usluga i očiglednom činjenicom da proizvodnju treba prilagoditi zahtjevima kupaca za uslugama i proizvodima s uslugama s dodanom vrijednošću (npr. Personalizacija) umjesto onoga što tvrtka odluči proizvesti.²¹

Orijentacija ka uslužnom tipu proizvodnje također je povezana s potrebom da proizvođači i druge industrije razviju nove usluge koje se temelje na podacima pretvorenim u inteligenciju i traže nove modele prihoda temeljenih na uslugama. Štoviše, tehnička pomoć i posebno održavanje temeljni je princip kao i internetska analiza i analiza podataka, jednostavno dopuštaju transformaciju usluga i održavanje. Mnogo je tvrtki koje su svoje modele usluga mijenjale jednostavnim dodavanjem razine inteligencije i povezanosti s internetskim sadržajem na opremu koju prodaju.²²

Naposljetku, aspekt usluge povezan je i s razvojem novih modela „as-a-service“ koji se temelje na podacima, ali i na temelju evolucije prema stroju kao modelu usluge.²³

¹⁹ https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

²⁰ https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

²¹ https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

²² https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

²³ https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

2.2.6. Modularnost

Modularnost znači mnogo stvari, ovisno o načinu gledanja: različite pojedinačne module unutar širokog pametnog tvorničkog okruženja ili jednostavno kao krajnji rezultat kada postane agilnost i fleksibilnost.²⁴

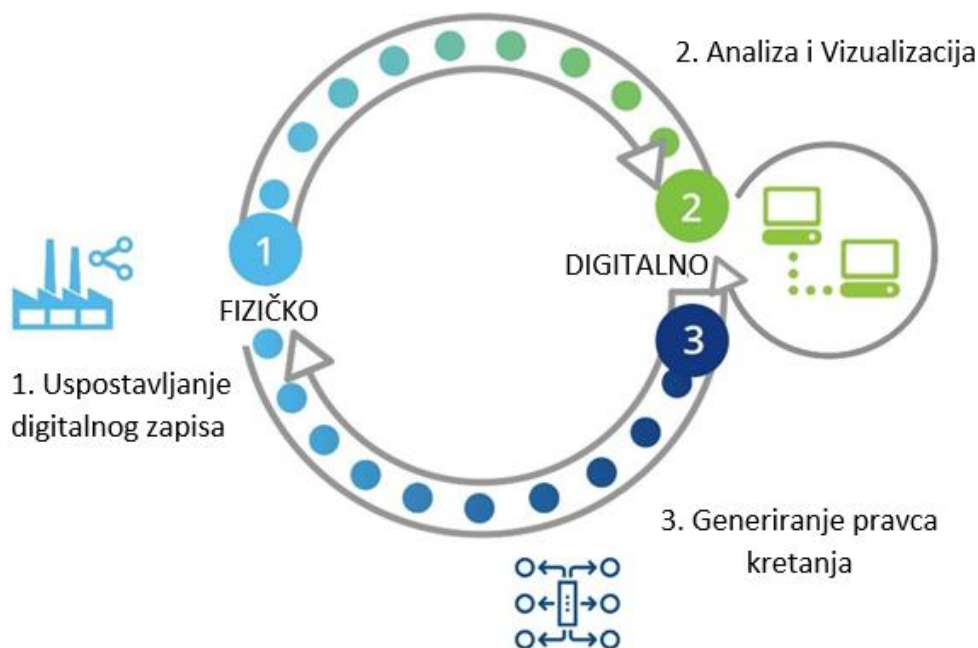
Moglo bi se reći da modularnost ima sve veze s prebacivanjem iz krutih sustava, nefleksibilnih modela i linearne proizvodnje i planiranja u okruženje gdje se mijenjaju zahtjevi kupaca, partnera u opskrbnom lancu, regulatori, tržišni uvjeti i svi ostali mogući elementi koji uzrokuju potrebu za transformacijom i fleksibilnošću te se stavljaju u središte. Moduli su lokalno kontrolirani bez hijerarhije.²⁵

²⁴ https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

²⁵ https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industry_40_design_principles

2.3. Koncept industrije 4.0.

Koncept Industrije 4.0 uključuje i proširuje digitalno povezivanje u kontekstu fizičkog svijeta digitalnih poduzeća. To pokreće fizički postupak proizvodnje, distribucije i performansi u neprekidnom ciklusu poznatom kao fizičko-digitalno-fizička petlja („PDP“ – eng. physical-to-digital-to-physical), kako je prikazano na slici 3.²⁶



Slika 3. Fizičko-digitalno-fizička petlja

Izvor: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4340__DSN-Logistics-and-distribution/figures/4340_fig1.png

Tehnologije Industrije 4.0 kombiniraju digitalne informacije s mnogo različitih fizičkih i digitalnih izvora i lokacija, uključujući Internet stvari i analitiku, aditivnu proizvodnju, robotiku, visoke računalne performanse, umjetnu inteligenciju i kognitivne tehnologije, napredne materijale i povećanu stvarnost.²⁷

Kroz ovaj ciklus, pristup podacima u stvarnom vremenu potaknut je kontinuiranim i cikličnim protokom informacija i akcija između fizičkih i digitalnih svjetova. Mnoge proizvodne organizacije i organizacije opskrbnog lanca već imaju

²⁶Taliaferro A., Roziere L., Ahmed U., Dayal A., Lee J.: Delivering digital talent; Preparing the logistics and distribution workforce for Industry 4.0 and the connected supply network, Deloitte Insights, 2018.

²⁷Taliaferro A., Roziere L., Ahmed U., Dayal A., Lee J.: Delivering digital talent; Preparing the logistics and distribution workforce for Industry 4.0 and the connected supply network, Deloitte Insights, 2018.

neke dijelove PDP petlje. Međutim, to je skok sa digitalnog natrag na fizičko, od povezanih, digitalnih tehnologija do djelovanja u fizičkom svijetu - što predstavlja bit Industrije 4.0.²⁸

Taj se protok pojavljuje kroz iterativni niz od tri koraka:

1. Fizičko-digitalni: uzimaju se podaci iz fizičkog svijeta te se izrađuje digitalni zapis s fizičkih podataka
2. Digitalno-digitalni: informacije se dijele i otkriva se smisleno značenje pomoću napredne analitike, analize scenarija i umjetne inteligencije
3. Digitalno-fizički: primjena algoritama za prevođenje digitalnih odluka na učinkovitim podacima, poticanje djelovanja i promjena u fizičkom svijetu²⁹

2.4. Ključne tehnologije

Ipak, koncept industrije 4.0 nije jednostavan. Obuhvaća mnoge tehnologije i koristi se u različitim kontekstima. Postoji mnogo tehnologija koje definiraju industriju 4.0, a u ovom radu će biti opisane samo one osnovne kao što su: IoT, Big data, 3D printeri, pametne tvornice, Cloud Computing, Kibernetičko-fizički sustavi.

2.4.1. Internet stvari (eng. Internet of things - IoT)

Internet stvari (IoT) spaja milijune predmeta iz svakodnevnog života, kao što je prikazano na slici 4, povezuje domove, automobile, gradove, poduzeća i sve druge stvari i ustanove opremljene senzorima, procesorima i komunikacijskim uređajima kako bi mogli razmjenjivati vrijedne podatke preko interneta i reagirati ako je potrebno.³⁰ Malo po malo, mnogi od svakodnevnih objekata koji nas okružuju imati će internetsku vezu: termostati, hladnjaci i automobili. Ove stavke moći će pružiti ogromnu količinu podataka, pružajući svojim proizvođačima vrijedne informacije o njegovoj uporabi, problemima potrošača itd. To će omogućiti tvrtkama da znaju navike potrošača i čak predvidjeti njihove zahtjeve, nudeći 'prilagođene' i prediktivne

²⁸Taliaferro A., Roziere L., Ahmed U., Dayal A., Lee J.: Delivering digital talent; Preparing the logistics and distribution workforce for Industry 4.0 and the connected supply network, Deloitte Insights, 2018.

²⁹ Cotteleer M., Sniderman B.: „Forces of change Industry 4.0“, Deloitte Insights, 2017.

³⁰ <https://www.cadcam-group.eu/blog/internet-of-things-industry-40>

proizvode i usluge. A to će značiti promjenu u procesima donošenja odluka unutar tvrtki.³¹

Zahvaljujući IoT-u, robne marke mogu znati koji su problemi njihovih potrošača u isto vrijeme kad i potrošači ili čak i prije. Činjenica koja će ne samo olakšati stvaranje više personaliziranih i predvidljivih proizvoda i usluga, nego će također promijeniti poslovne procese i strukturu rada: mnogi poslovi će nestati, a drugi će nastati zbog potrebe za stručnjacima.³²

IoT tehnologija predstavlja sustav koji se može prepoznati i povezati sa svim okolnim objektima i bazama podataka. U industriji, putem usvajanja informacijskih komunikacijskih tehnologija (npr., RFID-a, senzora), IoT omogućuje ugrađivanje informacija fizičkih objekata u virtualni svijet i na kraju donosi spajanje između stvarnih i virtualnih sustava. Stoga, IoT predstavlja temelj za izgradnju Kibernetičko-fizičkih sustava. Drugim riječima, IoT je tehnička infrastruktura za realizaciju Kibernetičko-fizičkih sustava. Na temelju korištenja IoT tehnologije, Kibernetičko-fizički sustav ne samo da može pomoći u prikazu fizikalnih sustava virtualnom svijetu, nego se također primjenjuje na povratnim petljama od virtualnog digitalnog sustava do operacije i kontrole fizičkih procesa.³³

IoT je ključna tehnologija za digitalno poslovanje i jedan od glavnih pokretača koji doprinose transformaciji Interneta. IoT tehnologije razvijene su u različitim sektorima, od poljoprivrede, zdravlja i wellnessa do pametnih domova i pametnih-X aplikacija u gradovima.³⁴

Nekoliko sektora bitno će imati koristi od razvoja IoT-a. Na primjer, IoT ima veliki utjecaj na upravljanje infrastrukturom: praćenju i kontroli semafora, mostova ili gradskih i lokalnih cesta, hitan odgovor u hitnim slučajevima, poboljšanje kvalitete upravljanja infrastrukturom, itd.³⁵

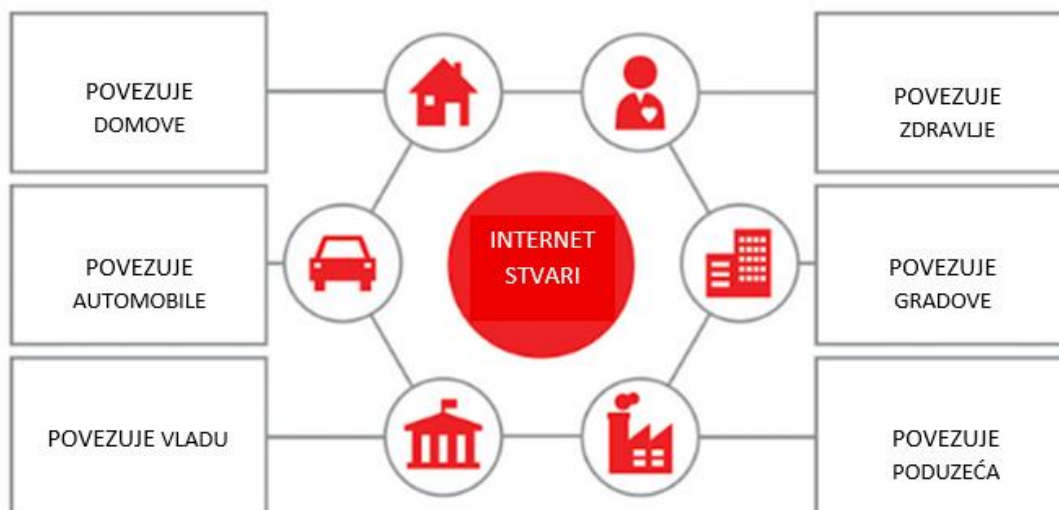
³¹ Kenneth E.: „Industry 4.0 In Internet Of Things And The Benefits Of IoT“, Datafloq

³² Kenneth E.: „Industry 4.0 In Internet Of Things And The Benefits Of IoT“, Datafloq

³³ Mueller E., Chen X., Riedel R.: „Challenges and Requirements for the Application of Industry 4.0: A Special Insight with the Usage of Cyber-Physical System“, Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2017.

³⁴ Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers, Gistrup, Denmark, 2016.

³⁵ Kenneth E.: „Industry 4.0 In Internet Of Things And The Benefits Of IoT“, Datafloq

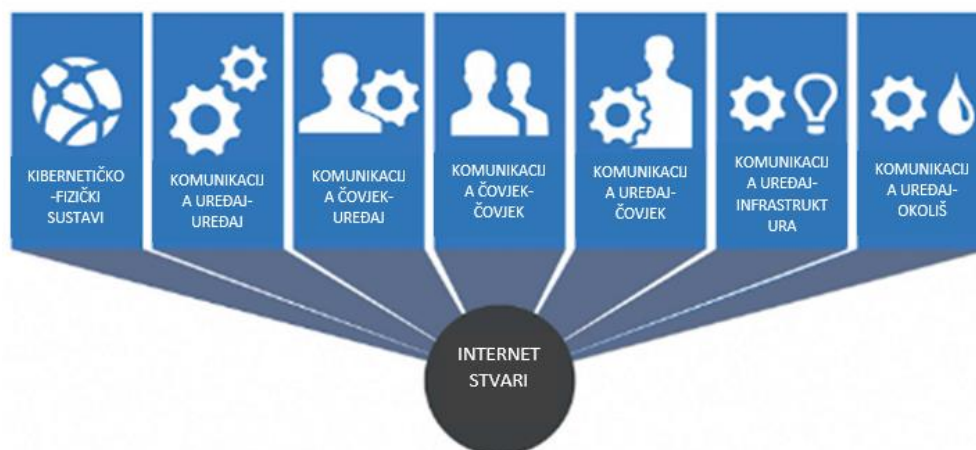


Slika 4. IoT povezuje automobile, domove, ljude, organizacije pa čak i gradove

Izvor: Kenneth E.: „Industry 4.0 In Internet Of Things And The Benefits Of IoT“, Datafloq

Procjenjuje se da postoji između 6 i 14 milijardi različitih stavki, osim pametnih telefona, stolova, računala i sličnih uređaja povezanih s internetom i privatnim mrežama. Predviđeno je da će se početkom 2020. godine povezati 18 do 50 milijardi artikala, što znači da bi IoT mogao postati svjetsko tržište vrijedno između 300 i 1700 milijardi američkih dolara, pa čak i više. Pametni i povezani uređaji mijenjaju bolnice, domove, urede, tvrtke, poljoprivredna područja, transport i energetske mreže diljem svijeta.³⁶

³⁶ <https://www.cadcam-group.eu/blog/internet-of-things-industry-40>



Slika 5. IoT integracija

Izvor: Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers, Gistrup,Denmark, 2016.

Internet stvari omogućuje integraciju ogromne količine uređaja koji imaju ugrađene određene senzore koji više ili manje samostalno komuniciraju jedni s drugima i sa raznim aplikacijama. Kao što je prikazano na slici 5, postoji nekoliko vrsta komunikacije:

- Komunikacija uređaj - uređaj
- Komunikacija čovjek - uređaj
- Komunikacija čovjek - čovjek
- Komunikacija uređaj - čovjek
- Komunikacija uređaj – infrastruktura
- Komunikacija uređaj – okoliš

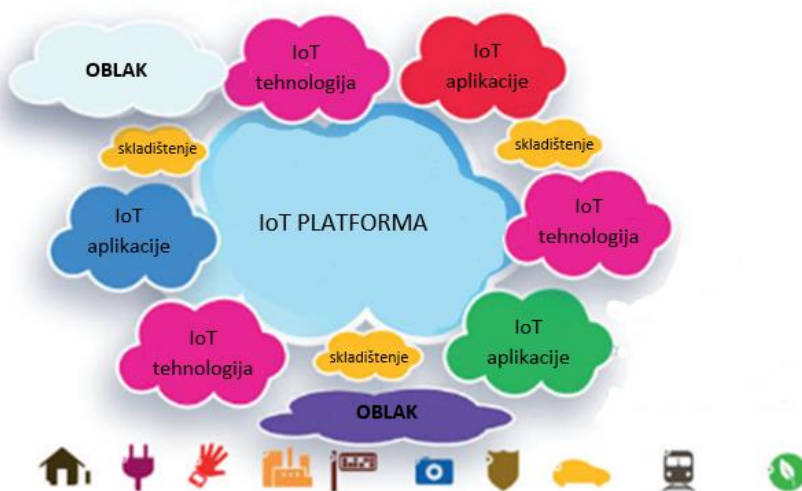
IoT dramatično mijenja način na koji se tvrtke bave poslovnim aktivnostima i kako će ljudi komunicirati s okolinom. Njegova razorna priroda zahtijeva procjenu zahtjeva za budući razvoj diljem digitalnog lanca vrijednosti u različitim industrijama i na mnogim područjima primjene.³⁷

IoT je koncept i paradigma s različitim vizijama i multidisciplinarnim aktivnostima. IoT uzima u obzir prisutnost u okruženju raznih stvari koje putem bežičnih

³⁷ Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers, Gistrup,Denmark, 2016.

i žičanih veza i jedinstvenih shema adresiranja mogu međusobno komunicirati i surađivati s drugim stvarima za stvaranje novih aplikacija/usluga te postizati zajedničke ciljeve. U posljednjih nekoliko godina, IoT se razvio od jednostavnog koncepta izgrađenog oko komunikacijskih protokola i uređaja, u multidisciplinarnu domenu u kojoj uređaji, internetska tehnologija i ljudi (putem podataka i semantike) konvergiraju kako bi stvorili kompletan sustav za poslovnu inovativnost, interoperabilnost, ponovljivost, što uključuje i rješavanje pitanja sigurnosti, privatnosti i povjerljivosti.³⁸

IoT je mreža fizičkih objekata koji sadrže ugrađenu tehnologiju za komuniciranje i osjećaj ili interakciju sa svojim unutarnjim stanjima ili vanjskim okruženjem. IoT koristi sinergije koje nastaju konvergencijama potrošača, poslovnog i industrijskog internetskog korisnika, poslovnog i industrijskog interneta. Konvergencija stvara otvorenu, globalnu mrežu koja povezuje ljude, podatke i stvari. Ova konvergencija utječe na „oblak“ za povezivanje inteligentnih stvari koje osjete i prenose široku lepezu podataka, pomažući stvaranju usluga koje ne bi bile moguće bez ove razine povezanosti i analitičke inteligencije.³⁹



Slika 6. IoT platforma

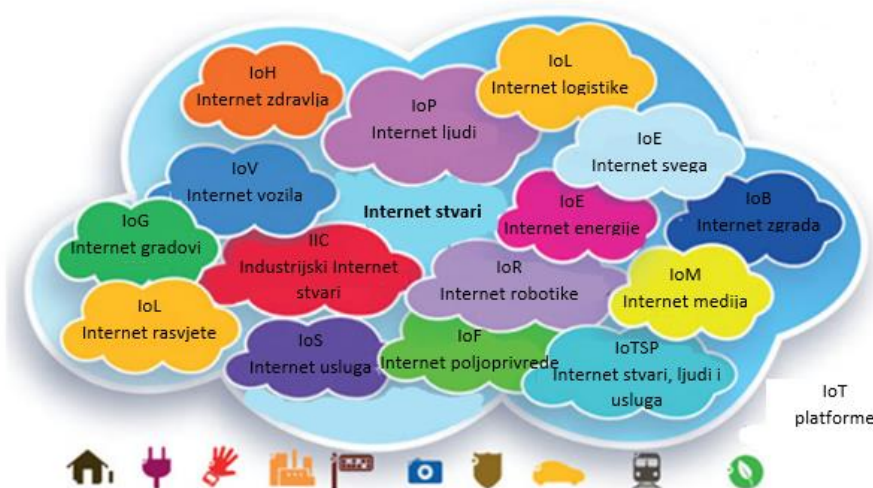
³⁸ Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers, Gistrup,Denmark, 2016.

³⁹ Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers, Gistrup,Denmark, 2016.

Izvor: Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things
Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers,
Gistrup,Denmark, 2016.

Korištenje IoT platformi (slika 6) pokreću transformacijske tehnologije kao što su oblak, i mobilni uređaji. IoT omogućuje stvaranje mreža koje obuhvaćaju cijeli proizvodni proces koji tvornice pretvaraju u pametno okruženje. Oblak omogućuje globalnoj infrastrukturi stvaranje novih usluga, dopuštajući svima da stvaraju sadržaj i aplikacije za globalne korisnike. IoT povezuje stvari globalno i održava svoj identitet on-line, Mobilne mreže omogućuju povezivanje s ovom globalnom infrastrukturom bilo kada, bilo gdje. Rezultat je globalno dostupna mreža stvari, korisnika i potrošača koji su dostupni za stvaranje poslovanja, doprinos sadržaja, generiranje i kupovina novih usluga.⁴⁰

Platforme se također oslanjaju na moć mrežnih efekata, budući da dopuštaju više stvari, postaju vrijednije i za druge stvari i korisnike koji koriste generirane usluge. Uspjeh strategije IoT platforme može se odrediti vezom, privlačenjem i znanjem / informacijama / protokom podataka.⁴¹



Slika 7.Internet razvoj u različitim industrijskim sektorima („Internet of X“)

⁴⁰ Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers, Gistrup,Denmark, 2016.

⁴¹ Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers, Gistrup,Denmark, 2016.

Izvor: Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things
Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers,
Gistrup,Denmark, 2016.

Tradicionalna razlika između mreže i uređaja se mijenja, jer funkcionalnosti dviju značajki se više ne mogu razlikovati. Prebacivanje fokusa s IoT mreže na uređaje smanjuje se troškove i vodi do neposrednih prihoda.⁴²

Kao rezultat ove konvergencije, IoT aplikacije zahtijevaju prilagodbu klasične industrije kako bi tehnologija stvorila prilike za nastajanje novih industrija i pružanje obogaćenih i novih korisničkih iskustava i usluga.⁴³

⁴² Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers, Gistrup,Denmark, 2016.

⁴³ Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Wolds; River Publishers, Gistrup,Denmark, 2016.

2.4.2. Big data

Big Data zapravo je masa raznolikih podataka koja pristižu velikom brzinom i učestalošću i zbog toga se stalno uvećava njihov volumen (3V – volume, velocity, variety). No, digitalni zapis sam po sebi ne znači mnogo. On se mora strukturirati, analizirati, mora ga se staviti u kontekst kako bi od njega bilo tko imao koristi.⁴⁴

Analiza masovnih podataka predstavlja šest C na engleskom jeziku, koji moraju biti integrirani unutar Industrije 4.0. Radi se o:

- povezivanju (eng. Connection),
- rješenjima računarstva u oblaku (eng. Cloud),
- kibernetici (eng. Cyber),
- sadržaju/kontekstu (eng. Content/Context),
- zajednici (eng. Community),
- prilagodljivosti (eng. Customization).

Koristeći alate za napredne analize i za rudarenje podataka, moguće je pronaći neke obrasce u masovnim podacima kojih možda nema u manjim bazama podataka. Problem koji predstavljaju takve baze podataka mogu biti, prije svega, osobni podaci ili zaštićeni podaci koji su možda sadržani ili bi se mogli pojaviti u takvim bazama. Za proizvođače, prikupljanje i integracija podataka predstavljaju izazov, a istovremeno otvaraju potencijal da se iz baze podataka dobije više. Na primjer, proizvođači vozila mogu poboljšati performanse vozila povezivanjem podataka i, s druge strane, povezati vozila sa putnom signalizacijom. Stoga rizik nije samo na strani krajnjeg korisnika. Ulaskom u takve sporazume i prikupljanjem podataka u neke masovne baze, poduzeća moraju osigurati i da ne dođe do curenja ključnih informacija, koje mogu predstavljati i konkurentnu prednost. Te vrste informacija mogu obuhvaćati tržišne strategije, politiku cijena, razvoj proizvoda i inovacije koje su ključne za uspjeh i postojanje poduzeća na tržištu.⁴⁵

Big Data bitan je dio industrije 4.0. Strojevi i sustavi za proizvodnju izbacivali su ogromne količine podataka godinama, ali nedostatak pohrane, analize i sposobnosti slanja i dijeljenja informacija ostavio je mnogo toga neiskorištenim. Sada pametno

⁴⁴ <http://www.kognosko.hr/xx/>

⁴⁵ P. Krebelj: Trends in Maintenance; Ljubljana, Slovenia;2017

povezani strojevi industrije 4.0 sa senzorima za dostavu podataka imaju mogućnost promijeniti status quo i koristiti informacije u realnom vremenu za poboljšanje performansi. To može pomoći u optimizaciji kvalitete proizvodnje, poboljšanju učinkovitosti, uštedi energije, poboljšanju usluga i unapređenju prediktivnog održavanja. Ti se podaci mogu dijeliti na proizvodnim web lokacijama i opskrbnom lancu putem oblaka, ali upotrebom šifriranja i ovlaštenog pristupa za održavanje sigurnosti. Integracija izvora podataka preko sustava je također važan čimbenik.⁴⁶

2.4.3. 3D Printeri

3D Printeri se koriste u širokom spektru proizvodnih procesa, ovisno o poslovanju, definirani su u tri kategorije

- prototip,
- alat za proizvodnju
- proizvod krajnje upotrebe.

Prototip i testiranje učinkovitosti proizvoda nalazi se u ranim fazama razvoja u industriji 4.0, sa 23% prototipova trenutno razvijenih pomoću 3D metoda ispisa. Integracija 3D ispisa omogućuje tvrtkama da razviju iteracije koje omogućuju fleksibilnost, prilagodljivost i poboljšanu izvedbu krajnjih proizvoda.⁴⁷

Drugi način u kojem se 3D ispis implementira u proizvodni proces je putem alata za proizvodnju - drugim riječima 3D ispis omogućuje izradu alata pomoću alata za 3D ispis. Na primjer, 3D alati za proizvodnju, kao što su kalupi za ubrizgavanje, mogu smanjiti troškove stvaranja alata za između 10-90%, zamjenom konvencionalnih sa 3D ispisom.⁴⁸

Prednosti 3D alata za proizvodnju započinju sa zaposlenicima koji poznaju proizvodnu liniju, tako da mogu pregledati dizajn / koncept koristeći svoje iskustvo u određivanju njegove učinkovitosti i poboljšati ga pomoću 3D tehnologije ispisa, što drastično skraćuje vrijeme koje je obično potrebno za dizajniranje alata. Ta sposobnost dizajniranja i proizvodnje novog alata dnevno znači značajno smanjenje vremena uz znatnu uštedu troškova. 3D ispis omogućava potpunu prilagodbu alata za proizvodnu

⁴⁶<https://www.business-reporter.co.uk/2018/02/10/industry-4-0-finally-getting-grips-big-data/#gsc.tab=0>

⁴⁷ <https://www.sys-uk.com/news/industry-4-0-revolutionising-way-things-made/>

⁴⁸ <https://www.sys-uk.com/news/industry-4-0-revolutionising-way-things-made/>

liniju što omogućuje novi, inovativniji način rada. Revolucija 3D ispisa u industriji 4.0 leži u trećoj kategoriji upotrebe 3D ispisa gdje se tehnologija koristi u proizvodnji proizvoda krajnje upotrebe, što znači da je stvarni proizvod ili njegov dio proizveden pomoću 3D printera i namijenjen je da se koristi kao takav.⁴⁹

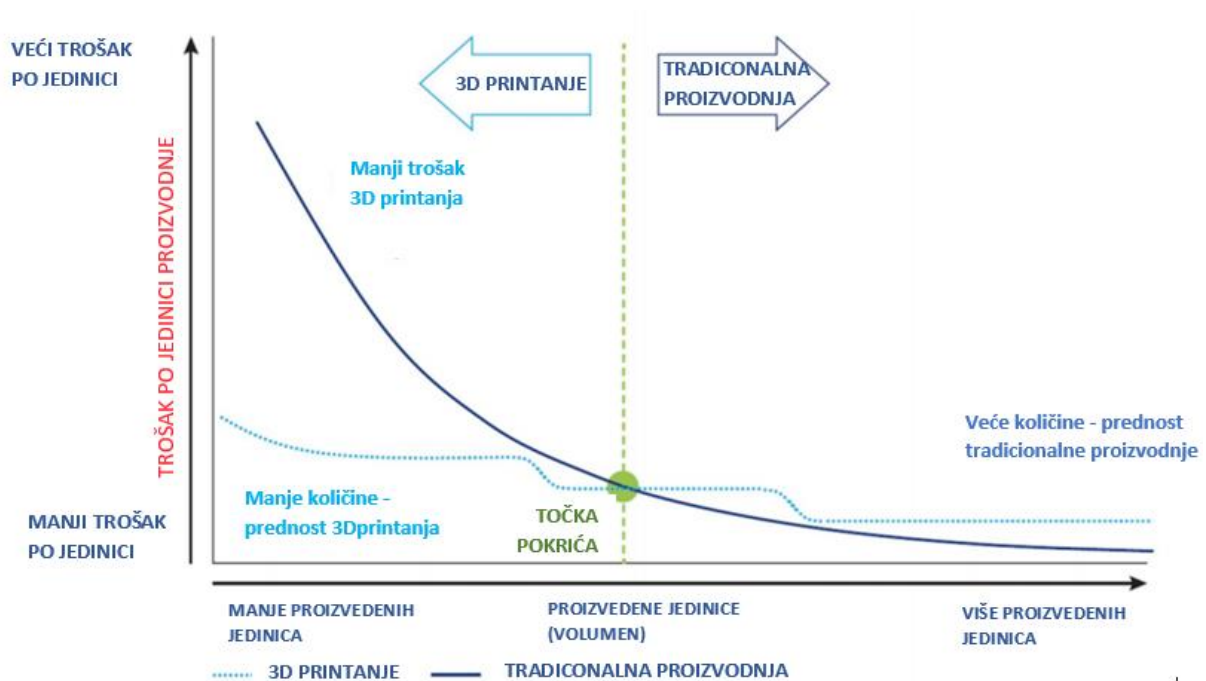
Nadalje, prihvaćaju se i dodatne sirovine za 3D ispis. Prošlo je vrijeme kada je bilo moguće koristiti samo polimere. Danas se u obzir uzimaju čelik, aluminij i titan za razvoj materijala za 3D ispis. 3D tehnologije ispisa mogu se koristiti tijekom cijelog proizvodnog ciklusa, od prototipova do same proizvodnje. 3D ispis je proizvodna metodologija izbora kada se radi o proizvodnji niskog volumena, visoko prilagođenih proizvoda, nudeći visoku fleksibilnost u proizvodnji, sposobnost na zahtjev i brzu isporuku. Njegova sposobnost proizvodnje dijela kao cjeline također je isplativija od tradicionalnih proizvodnih tehnologija. Fleksibilnost 3D ispisa također će otvoriti mogućnosti dijeljenja proizvodnih kapaciteta između različitih tvrtki, čime bi se bolje iskoristila imovina, ali i podupirući rast prihvaćanjem narudžbi kupaca koji inače nisu mogle biti prihvaćene zbog ograničenja kapaciteta.⁵⁰

3D ispis će također promijeniti distribuciju proizvoda jer se mogu proizvesti svugdje, gdje je dostupan osnovni materijal i pisač na raspolaganju. To će promijeniti način današnje proizvodnje. Teoretski proizvođač proizvoda više neće trebati velike proizvodne pogone, jer proizvod koji je dizajnirao može biti "tiskan" na pogodnim mjestima širom svijeta. To će također održati niske troškove distribucije i učiniti distribuciju i planiranje proizvodnje predvidljivijima.⁵¹

⁴⁹ <https://www.sys-uk.com/news/industry-4-0-revolutionising-way-things-made/>

⁵⁰ Zimmermann S.: „Industry 4.0 – 3D Printing in Manufacturing Industries“, Atos, 2018.

⁵¹ Zimmermann S.: „Industry 4.0 – 3D Printing in Manufacturing Industries“, Atos, 2018.



Slika 8. Točka pokrića 3D printanja

Izvor: <https://www.ftpi.or.th/download/seminar-file/5.%203D%20printing.pdf>

Slika 8 prikazuje krivulju troškova za proizvodnju pomoću 3D ispisa i tradicionalne metode proizvodnje. Krivulje troškova ilustriraju promjenu prosječnog troška za svaku jedinicu proizvodnje. Razlika između dva alternativna pristupa proizvodnji događa se gdje križaju ove krivulje. Slika 8 prikazuje da su troškovi proizvodnje manjih količina proizvoda niži u slučaju 3D ispisa. U biti, krivulja prosječne cijene je ravna, što upućuje na to da se granični trošak ne mijenja s volumenom. Tradicionalna proizvodna metoda može donijeti troškovne prednosti pri većim količinama, kao što to sugerira krivulja pada cijena.⁵²

Može se zaključiti da proizvodnja 3D ispisom, koristeći različite materijale, može pružiti učinkovitu alternativu niske do srednje razine proizvodnje. Poboljšanja u propusnosti i smanjenju troškova 3D opreme mogu omogućiti dodatno pojačavanje tih učinaka, odnosno omogućiti konkurentnost 3D ispisa i kod proizvodnje velike količine proizvoda, u čemu trenutno prednost imaju metode tradicionalne masovne proizvodnje.⁵³

⁵² Cotteleer M., Joyce J. : „3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth“, Deloitte Insights, 2014.

⁵³ Cotteleer M., Joyce J. : „3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth“, Deloitte Insights, 2014.

2.4.4. Pametna tvornica (eng. Smart Factory)

Pametna tvornica je fleksibilan sustav koji može samo-optimizirati performanse preko šire mreže, prilagoditi se i učiti iz novih uvjeta u realnom ili gotovo realnom vremenu te samostalno upravljati cjelokupnim proizvodnim procesima.⁵⁴

Prava snaga pametne tvornice leži u njenoj sposobnosti da se razvija i raste zajedno s promjenjivim potrebama organizacije, bilo da se mijenja potražnja kupaca, širenje na nova tržišta, razvoj novih proizvoda ili usluga, predvidljiviji i osjetljiviji pristup poslovanju i održavanju, ugradnja novih procesa ili tehnologija, ili promjene u proizvodnji. Zbog snažnije računalne i analitičke mogućnosti, uz šire sustave pametnih i povezanih sredstava, pametne tvornice mogu omogućiti organizacijama da se prilagode promjenama na jednostavniji način.⁵⁵

Koncept pametne tvornice, prikazan na slici 9, predstavlja korak naprijed od tradicionalne automatizacije do potpuno povezanog i fleksibilnog sustava - onog koji može koristiti konstantan tok podataka iz povezanih operacija i proizvodnih sustava kako bi naučili i prilagodili se novim zahtjevima. Prava pametna tvornica može integrirati podatke od fizičke, operativne i ljudske imovine u cijelom sustavu kako bi se usmjerila proizvodnja, održavanje, praćenje inventara, digitalizacija poslovanja i druge vrste aktivnosti diljem cijele proizvodne mreže. Rezultat može biti učinkovitiji i okretniji sustav, manji broj zastoja u proizvodnji i veća sposobnost predviđanja i prilagodbe promjenama u postrojenju ili široj mreži, što može dovesti do boljeg pozicioniranja na konkurentnom tržištu.⁵⁶

Pametni proizvodi se uvijek mogu identificirati i locirati, njihova povijest, sadašnje stanje i buduće aktivnosti koje su neophodne za postizanje konačnog izgleda, poznate su u bilo koje vrijeme. Dobro pripremljena baza podataka vrlo je važna jer je potrebno filtrirati potrebna izvješća kako bi dobili pravovremene i korisne informacije. Prednosti virtualnog svijeta koriste se zato što virtualni svijet pruža simulaciju različitih slučajeva. Optimizacija proizvoda, procesa i cjeline opskrbnog

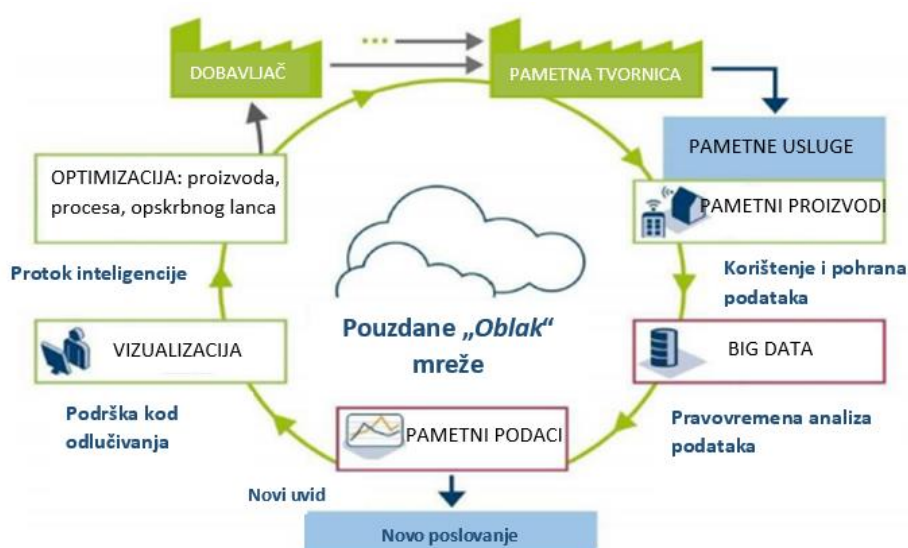
⁵⁴ Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

⁵⁵ Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

⁵⁶ Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

lanca kontinuirano se poboljšava. Da bi uspješno zatvorio krug prikazan na slici prisutne su „*trusted-cloud-based*“ mreže (Cloud tehnologija).⁵⁷

Cloud tehnologija pruža "pametne" podatkovne centre, usluge i aplikacije kako bi korisnici (tvrtke) mogli postići niže troškove i operativnu učinkovitost. Novi pristup omogućuje proizvodnju prema individualnim korisničkim zahtjevima. Danas su se mnoge tvrtke odmaknule od masovne proizvodnje u masovnu prilagođenu proizvodnju. Glavni cilj je imati proizvodni sustav koji može izdržati bilo koji dinamični proces poslovanja. Takav sustav mora karakterizirati fleksibilnost, tako da može odgovoriti na poremećaje raznih podrijetla.⁵⁸



Slika 9. Koncept pametnih tvornica

Izvor: Crnjac M., Veža I., Banduka N.: „From Concept to the Introduction of Industry 4.0“, International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM), Vol. 8 No 1, 2017, pp. 21-30

Proizvodi u takvoj tvornici također su "pametni", s ugrađenim senzorima koji se koriste putem bežične mreže za prikupljanje podataka u stvarnom vremenu za lokalizaciju, mjerenje proizvodnih i okolišnih uvjeta. Pametni proizvodi također imaju sposobnost kontrole i obrade. Tako oni mogu kontrolirati svoj logistički put kroz

⁵⁷Crnjac M., Veža I., Banduka N.: „From Concept to the Introduction of Industry 4.0“, International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM), Vol. 8 No 1, 2017, pp. 21-30

⁵⁸Crnjac M., Veža I., Banduka N.: „From Concept to the Introduction of Industry 4.0“, International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM), Vol. 8 No 1, 2017, pp. 21-30

proizvodnju pa čak i kontrolirati / optimizirati proizvodni tijek koji ih se tiče. Osim toga, pametni proizvodi mogu pratiti vlastito stanje tijekom cijelog životnog ciklusa. To omogućuje proaktivno održavanje bazirano prema stanju što je posebno vrijedno za proizvode ugrađene u veće sustave.⁵⁹

2.4.4.1. Značajke pametne tvornice

Glavne značajke pametne tvornice su sljedeće:

- povezanost,
- optimizacija,
- transparentnost,
- proaktivnost i
- agilnost.⁶⁰

Svaka od tih značajki može igrati ulogu donošenju optimalne odluke i može organizacijama poboljšati proizvodni proces. Važno je napomenuti da nijedne dvije pametne tvornice vjerojatno neće izgledati isto, a proizvođači mogu odrediti prioritete raznih područja i značajki najrelevantnijih za njihove specifične potrebe.⁶¹

Možda i najvažnija značajka pametne tvornice je povezanost. Pametne tvornice zahtijevaju da se temeljni procesi i materijali povezuju kako bi generirali podatke potrebne za donošenje odluka u stvarnom vremenu. Pametna tvornica je opremljena pametnim senzorima tako da sustavi mogu kontinuirano povlačiti skupove podataka iz oba, novog i tradicionalnog izvora, osiguravajući da se podaci stalno ažuriraju i odražavaju trenutne uvjete. Integracija podataka iz poslovanja i poslovnih sustava, kao i od dobavljača i kupaca omogućava holistički pogled na procese opskrbnog lanca uzvodno i nizvodno, što dovodi do veće učinkovitosti mreže opskrbe.⁶²

Optimizirana pametna tvornica omogućava izvršavanje operacija uz minimalnu ručnu intervenciju i visoku pouzdanost. Automatizirani tijekovi rada, poboljšano

⁵⁹ Rojko A.: „Industry 4.0 Concept: Background and Overview“, ECPE European Center for Power Electronics e.V., Nuremberg, Germany, 2017.

⁶⁰ Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

⁶¹ Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

⁶² Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

praćenje i raspoređivanje, te optimizirana potrošnja energije inherentne pametnoj tvornici mogu povećati profit, vrijeme rada i kvalitetu te smanjiti troškove i otpad.⁶³

U pametnoj tvornici prikupljeni podaci moraju biti transparentni, vizualizacija podataka u stvarnom vremenu može transformirati prikupljene podatke iz procesa proizvodnje ili bilo kojeg drugog procesa (npr. procesa nabave) i pretvoriti ih u korisne informacije, kako bi se olakšalo donošenje odluka, bilo za autonomno donošenje odluka ili u slučaju da odluke donose ljudi. Drugim riječima podaci u pametnoj tvornici moraju biti dostupni i vidljivi u stvarnom vremenu kako bi se omogućilo zaposlenicima ili autonomnim sustavima da donese točne i optimalne odluke.⁶⁴

Proaktivnost u pametnim tvornicama omogućuje da zaposlenici i autonomni sustavi mogu predvidjeti i djelovati prije nego što se pojave problemi ili izazovi, umjesto da jednostavno reagiraju na njih nakon što se pojave. Ova značajka može uključivati identifikaciju anomalija, popunjavanje i nadopunjavanje inventara, prepoznavanje i predviđanje rješavanja problema kvalitete i praćenje sigurnosti i održavanja. Sposobnost pametne tvornice da predviđa buduće ishode na temelju povijesnih i podataka u stvarnom vremenu može poboljšati vrijeme neprekidnog rada, profit i kvalitetu proizvoda te spriječiti sigurnosne probleme. Unutar pametne tvornice, proizvođači mogu implementirati procese poput digitalnog "blizanca" (digitalni prikaz osobe ili sustava iz stvarnog svijeta), omogućujući im da digitaliziraju operacije i prelaze od automatizacije i integracije u prediktivne mogućnosti.⁶⁵

Agilna fleksibilnost omogućuje pametnoj tvornici da se prilagodi rasporedu i promjeni proizvoda uz minimalnu intervenciju. Napredne pametne tvornice mogu same konfigurirati opremu i materijalne tokove, ovisno o proizvodu koji se proizvodi i zakazivanju promjena, i omogućuju vidljivost utjecaja tih promjena u stvarnom vremenu. Osim toga, agilnost može povećati iskoristivost i iskorištenje u tvornici tako

⁶³Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

⁶⁴Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

⁶⁵Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

što smanjuje troškove promjena zbog raspoređivanja ili promjena proizvoda i omogućava fleksibilno raspoređivanje.⁶⁶

Navedene značajke omogućuju proizvođačima veću vidljivost cijele imovine i sustava te im omogućuju lakše suočavanje sa nekim izazovima koji su tipični za tradicionalne tvorničke strukture, što u konačnici dovodi do poboljšane produktivnosti i veće prilagodljivosti na promjene u uvjetima dobavljača i kupca.⁶⁷

2.4.4.2. Prednosti pametne tvornice

Odluka o tome kako započeti ili proširiti inicijativu pametne tvornice trebala bi se uskladiti s specifičnim potrebama organizacije. Razlozi zbog kojih se tvrtke upućuju ili šire na Pametne tvornice često su raznovrsne i ne mogu se jednostavno generalizirati. Međutim, prelazak na Pametne tvornice općenito podrazumijeva kategorije kao što su učinkovitost imovine, kvaliteta, troškovi, sigurnost i održivost. Te kategorije, između ostalog, mogu donijeti prednosti koje u konačnici rezultiraju, većom konkurentnosti na tržištu, boljom profitabilnosti, većom kvalitetom proizvoda i stabilnost radne snage.⁶⁸

Svaki aspekt pametne tvornice generira veliku količinu podataka koji kroz kontinuiranu analizu otkrivaju probleme s performansama koje mogu zahtijevati neku vrstu korektivne optimizacije. Takva samo-korekcija je ono što razlikuje pametnu tvornicu od tradicionalne automatizacije, što može rezultirati većom ukupnom učinkovitosti, jednom od najistaknutijih prednosti pametne tvornice. Veća učinkovitost trebala bi se ogledati u manjim zastojima u proizvodnji, optimiziranom kapacitetu i smanjenom vremenu zamjene.⁶⁹

Optimizirani procesi tradicionalno vode do troškovno učinkovitijih procesa, onih s predvidljivijim zahtjevima za inventarom, učinkovitijim zapošljavanjem i odlukama osoblja, kao i smanjenjem varijabilnosti procesa i operacija. Proces bolje kvalitete mogao bi također značiti integrirani pogled na opskrbnu mrežu s brzim, vidljivim

⁶⁶Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

⁶⁷Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

⁶⁸Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

⁶⁹Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

odgovorima na potrebe za nabavom, čime se smanjuju troškovi. A budući da proces bolje kvaliteta može značiti i kvalitetniji proizvod, to bi također moglo značiti snižene troškove garancije i održavanja.⁷⁰

Pametna tvornica također može pružiti stvarne prednosti kod sigurnosti zaposlenika i održivosti okoliša. Vrste operativne učinkovitosti koje pametne tvornice mogu pružiti mogu rezultirati manjim ekološkim otiskom od uobičajenog proizvodnog procesa, uz veću ukupnu ekološku održivost. Veća autonomija procesa može omogućiti manje potencijalnih ljudskih pogrešaka, uključujući industrijske nesreće koje uzrokuju ozljede. Relativna samodostatnost pametne tvornice vjerojatno će zamijeniti neke uloge koje zahtijevaju ponavljajuće i umorne aktivnosti. Međutim, uloga ljudskog radnika u pametnom tvorničkom okruženju može preuzeti veću razinu prosudbe i diskreciju na licu mjesta, što može dovesti do većeg zadovoljstva poslom i smanjenja izmjene radnika.⁷¹

⁷⁰Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

⁷¹Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.

2.4.5. Računalni oblak (eng. Cloud computing)

Pojam "cloud computing" uveden je 2008. godine kako bi ukazalo na sustav hardvera i softvera koji pruža usluge korisnicima jednog ili više podatkovnih centara. Cloud computing obuhvaća platformu kao uslugu (eng. Platform as a Service - PaaS), informacije kao uslugu (eng. Information as a Service - IaaS), radnu površinu kao uslugu (eng. Desktop as a Service - DaaS) i softver kao uslugu (eng. Software as a Service - SaaS). Te usluge korisnicima nude fleksibilnost i jednostavnost kada je u pitanju isporuka i pristup linijskim poslovnim aplikacijama, korisničkim podacima i virtualnim radnim površinama.⁷²

U industriji 4.0, virtualizacija obuhvaća nekoliko tehnoloških trendova, uključujući „cloud computing“, mobilne uređaje i Internet stvari (IoT). Sveprisutnost i fleksibilnost koju stvara cloud computing omogućava proizvodnji da se oslobodi granica svoje infrastrukture i da radi s bilo kojeg mjesta. U praksi, računalo u Louisiani moglo bi donijeti odluke o planu proizvodnje u Kini, i obrnuto. Izgradnja učinkovitog inteligentnog sustava kao što je „cloud computing“ znači stvaranje robusne mreže visoke dostupnosti koja zaposlenicima, strojevima, računalima i aplikacijama omogućuje pristup podacima s bilo kojeg uređaja (slika 10).⁷³

Cloud computing je paradigma informatičke tehnologije (IT), model koji omogućava sveprisutan pristup dijeljenim bazama konfigurabilnih resursa, kao što su računalne mreže, poslužitelji, pohrana, aplikacije i usluge. Cloud computing omogućava korisnicima i poduzećima s različitim računalnim mogućnostima pohranu i obradu podataka u oblaku u privatnom vlasništvu ili na poslužitelju treće strane koji se nalazi u podatkovnom centru, što znači da su mehanizmi za pristup podacima učinkovitiji i pouzdani ili u hibridnom oblaku gdje se podaci pohranjuju djelomično u privatnom, a djelomično u javnom oblaku. Glavna prednost Cloud computinga oslanja se na dijeljenje resursa kako bi se postigla koherencija i ekonomija razmjera.⁷⁴

Cloud computing aplikacije utjecat će na gotovo sve aspekte modernih proizvodnih tvrtki. Na razini poduzeća cloud computing će utjecati na njihovo poslovanje, od upravljanja, planiranja resursa poduzeća (ERP) i financijskog

⁷²Bonuccelli G.; „Industry 4.0 and Application Virtualization“, Parallels, 2017.

⁷³ Bonuccelli G.; „Industry 4.0 and Application Virtualization“, Parallels, 2017.

⁷⁴ <http://i4academy.com/cloud-computing/>

upravljanja do analiza podataka i obuke radne snage. Oblak će također biti sastavni dio integracije proizvođača i u industrijske lance opskrbe. Štoviše, Cloud computing će igrati ključnu ulogu u omogućavanju novih proizvodnih sustava kao što su 3D ispis i IoT.⁷⁵



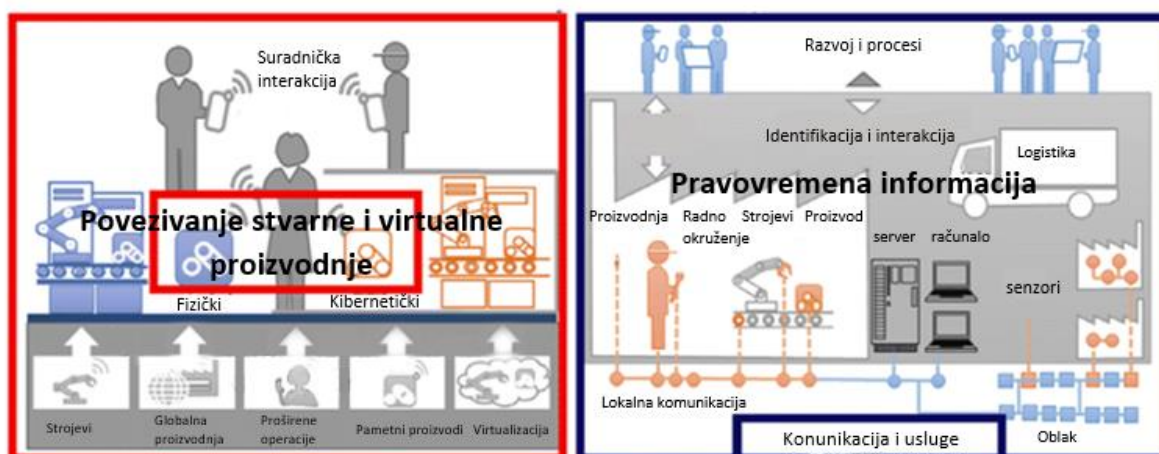
Slika 10.Računalni oblak

Izvor:<http://www.justscience.in/wp-content/uploads/2018/01/where-are-the-hardware-and-software-borderline-in-cloud-computing-870x466.jpg>

⁷⁵ Ezell S., Swanso B.; How Cloud Computing Enables Modern Manufacturing, American Enterprise Institute, 2017.

2.4.6. Kibernetičko – fizički sustavi (eng. Cyber-Physical Systems - CPS)

Kibernetičko-fizički sustavi su osnova industrije 4.0. Oni povezuju fizičke objekte, prostore i strojeve putem digitalnih uređaja kao što su senzori, koji prikupljaju i analiziraju podatke i na temelju toga donose odluke.⁷⁶



Slika 11. Kibernetičko-fizički sustav

Izvor:https://media.springernature.com/original/springerstatic/image/art%3A10.1007%2Fs10033-017-0164-7/MediaObjects/10033_2017_164_Fig2_HTML.gif

Kao što je prikazano na slici 11, osnovna logika za uspostavljanje Kibernetičko-Fizičkog sustava je povezivanje stvarnog i virtualnog. Razvija se na osnovi uspostavljanja virtualnog sustava s realnim vremenom informacija (prikazano kao na lijevoj strani slike 11), i nadilazi opseg elektroničke pošte. Opći fokus za korištenje Kibernetičko-Fizičkog sustava ne leži samo na prikupljanju podataka u stvarnom vremenu od fizičkog okruženja do digitalnog sustava, već više o strukturnoj analizi izvora podataka za (djelomično) autonomne i samoorganizirane procese. Dakle, povratne petlje virtualnog informacijskog sustava za rad i kontrolu fizičkih procesa smatraju se jezgrom Kibernetičko-fizičkih sustava. S uspostavom Kibernetičko-fizičkih sustava, otvorena je mogućnost izgradnje pametnih tvornica u tvrtkama.⁷⁷

⁷⁶<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/sensors-cyber-physical-systems-and-internet-things-revolutionise-footwear-industry-portugal>

⁷⁷ Mueller E., Chen X., Riedel R.; Challenges and Requirements for the Application of Industry 4.0: A Special Insight with the Usage of Cyber-Physical System, Chinese Journal of Mechanical Engineering, Volume 30, Issue 5, pp 1050–1057, 2017.

Kibernetičko-fizički sustavi (CPS) omogućuju tehnologije koje dovode virtualni i fizički svijet zajedno kako bi se stvorio uistinu umreženi svijet u kojem inteligentni objekti komuniciraju i međusobno djeluju. Kibernetičko-fizički sustavi i napredne senzorne mreže predstavljaju sljedeći korak evolucije iz postojećih sustava.⁷⁸

Kibernetičko-fizički sustavi pružaju osnovu stvaranju Interneta stvari, što omogućuje pametne usluge i proizvode. Kibernetičko-fizički sustavi "su tehnologije koje omogućuju", čine više inovativnih aplikacija i procesa realnim, jer granice između stvarnih i virtualnih svjetova nestaju. Kibernetičko-fizički sustavi promijenit će interakciju s fizičkim svijetom na isti način na koji je internet promijenio osobnu komunikaciju i interakciju. Međusobna veza između ugrađenih sustava temeljenih na softveru i namjenskih korisničkih sučelja integriranih u digitalne mreže stvara posve novi svijet funkcionalnosti sustava. Moderni mobilni telefoni možda su najočitiji primjer toga; nudeći cjeloviti paket aplikacija i usluga koji potpuno nadmašuju originalnu funkciju mobilnog uređaja.⁷⁹

Kibernetičko-fizički sustavi također predstavljaju prekid paradigme iz postojećih poslovnih i tržišnih modela, budući da su revolucionarne nove aplikacije, pružatelji usluga i lanci vrijednosti postali mogući. Sektori industrije, uključujući primjerice automobilsku industriju, energetika i zdravstvenu skrb, bit će transformirani tim novim modelima lanca vrijednosti.⁸⁰

U budućnosti će Kibernetičko-fizički sustavi doprinijeti ljudskoj sigurnosti, učinkovitosti, udobnosti i zdravlju na načine koji se nisu mogli zamisliti. Pri tome će igrati središnji dio u rješavanju temeljnih izazova demografskih promjena, nedostatka prirodnih resursa, održive mobilnosti i promjene energije.⁸¹

⁷⁸<https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Industrie-4-0/Internet-of-things/industrie-4-0-internet-of-things-physical-systems,t=cyberphysical-systems,did=1798540.html>

⁷⁹<https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Industrie-4-0/Internet-of-things/industrie-4-0-internet-of-things-physical-systems,t=cyberphysical-systems,did=1798540.html>

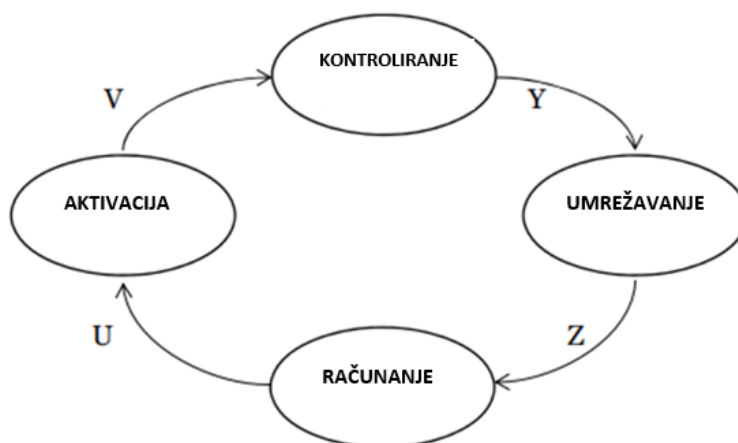
⁸⁰<https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Industrie-4-0/Internet-of-things/industrie-4-0-internet-of-things-physical-systems,t=cyberphysical-systems,did=1798540.html>

⁸¹<https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Industrie-4-0/Internet-of-things/industrie-4-0-internet-of-things-physical-systems,t=cyberphysical-systems,did=1798540.html>

Opći tijek rada CPS-a može se kategorizirati prema četiri glavna koraka (slika 12):

- Kontroliranje: Praćenje fizičkih procesa i okoliša je temeljna funkcija CPS-a. Također se koristi za davanje povratnih informacija o svim prošlim radnjama koje su poduzete CPS-om i za osiguranje ispravnih operacija u budućnosti.
- Umrežavanje: Ovaj se korak bavi grupiranjem podataka, difuzijom.
- Računanje: Ovaj korak služi za obrazloženje i analizu prikupljenih podataka tijekom praćenja kako bi se provjerilo ispunjava li fizički proces određene unaprijed definirane kriterije.
- Aktivacija: u ovom koraku se izvršavaju radnje određene tijekom faze računanja.⁸²

Na slici 12. Y, Z, U, V predstavljaju prikupljanje podataka od senzora.



Slika 12. Četiri koraka teorije o CPS-u

Izvor: He k., & Jin M.; „Cyber-Physical System for maintenance in industry 4.0“; Jönköping University,2016.

⁸² He k., & Jin M.; „Cyber-Physical System for maintenance in industry 4.0“; Jönköping University,2016.

2.5. Horizontalna i vertikalna integracija u Industriji 4.0

Unatoč činjenici da postoji razlika između horizontalne i vertikalne integracije, cilj je isti: stvoriti sustav informacijskih podataka između različitih sustava i svih procesa, korištenjem standarda za prijenos podataka i stvaranjem osnova za automatizirani opskrbeni lanac i lanac vrijednosti.⁸³

Horizontalna integracija odnosi se na integraciju IT sustava u različitim procesima proizvodnje i poslovnog planiranja (slika 13.).

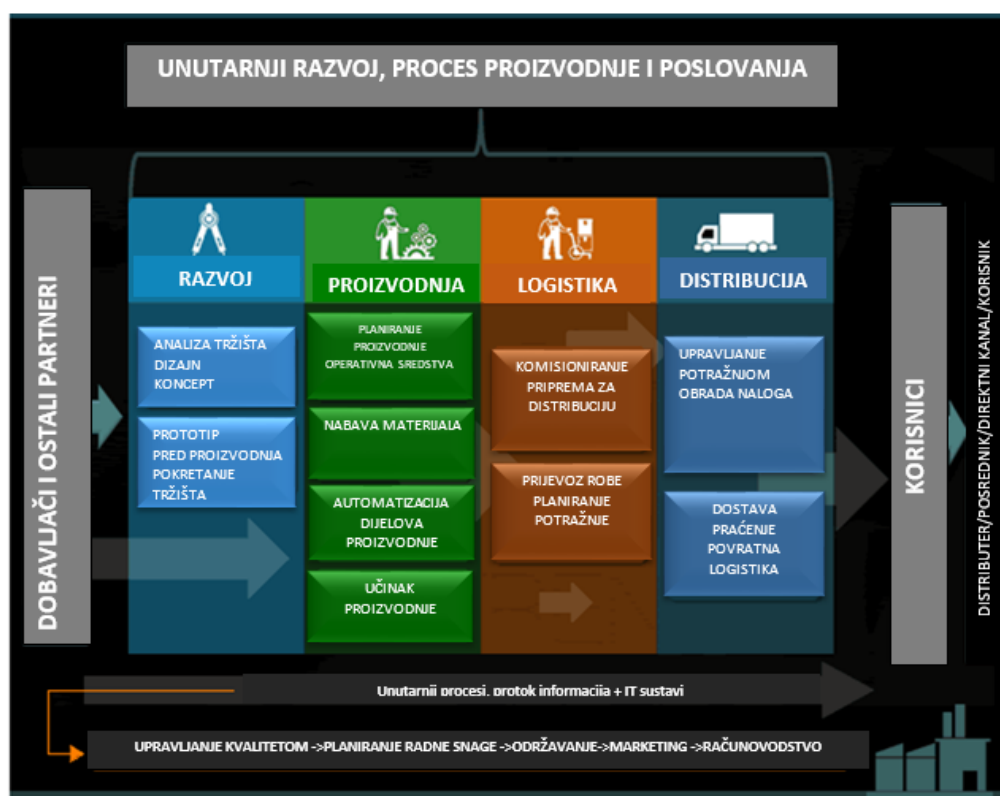
Među tim različitim procesima postoje tokovi materijala, energije i informacija. Štoviše, oni se tiču internih i vanjskih (partnera, dobavljača, kupaca, ali i ostalih članica ekosustava, od logistike do inovacija) tokova i sudionika.⁸⁴

Drugim riječima, horizontalna integracija odnosi se na digitalizaciju u čitavom lancu vrijednosti i opskrbe, pri čemu su razmjena podataka i povezani informacijski sustavi u središtu fokusa. U mnogim organizacijama još uvijek postoje neki odvojeni IT sustavi. Horizontalna integracija predstavlja izazov za sve organizacije, bilo industrijske ili ne. Ako se razmatra besprijekorna integracija i razmjena podataka s dobavljačima, kupcima i drugim vanjskim dionicima, slika postaje još složenija.⁸⁵

⁸³https://www.i-scoop.eu/industry-40/#Industry_40_technologies_security_peopleworkers_and_society

⁸⁴https://www.i-scoop.eu/industry-40/#Industry_40_technologies_security_peopleworkers_and_society

⁸⁵https://www.i-scoop.eu/industry-40/#Industry_40_technologies_security_peopleworkers_and_society



Slika 13. Horizontalna integracija u industriji 4.0

Izvor: <https://40uu5c99f3a2ja7s7miveqqqu-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/04/Horizontal-integration-in-Industry-4.0-from-supplier-to-consumer.gif>

Budući da se horizontalna integracija odnosi na IT sustave i tokove u lancu opskrbe/vrijednosti i različitim procesima koji se događaju preko njih, vertikalna integracija ima hijerarhijsku komponentu razine.⁸⁶

Drugim riječima, riječ je o integraciji IT sustava na različitim hijerarhijskim proizvodnim i razinama, a ne horizontalnim razinama, u jedno cjelovito rješenje.⁸⁷

Ta hijerarhijska razina odnosi se na razinu polja (povezivanje s procesom proizvodnje preko senzora), razinu kontrole (regulacija strojeva i sustava), razinu procesne linije ili stvarnu razinu proizvodnog procesa (koju treba nadzirati i kontrolirati), razinu poslovanja (planiranje proizvodnje, upravljanje kvalitetom itd.) i razinu

⁸⁶https://www.i-scoop.eu/industry-40/#Industry_40_technologies_security_peopleworkers_and_society

⁸⁷https://www.i-scoop.eu/industry-40/#Industry_40_technologies_security_peopleworkers_and_society

planiranja poduzeća (upravljanje i obrada narudžbe, veće planiranje proizvodnje itd.) kao što je prikazano na slici 14.⁸⁸



Slika 14. Vertikalna integracija u industriji 4.0

Izvor:<https://40uu5c99f3a2ja7s7miveqqgu-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2017/01/Industry-4.0-vertical-integration.jpg>

⁸⁸https://www.i-scoop.eu/industry-40/#Industry_40_technologies_security_peopleworkers_and_society

3. UTJECAJ INDUSTRIJE 4.0. NA DISTRIBUCIJSKE SUSTAVE

Tehnologija i industrija uvijek su išle ruku pod ruku, tako da nije iznenađenje da nove tehnologije počinju mijenjati distribucijsku industriju. To nije nužno loša stvar - osim ako tvrtke na koje se to odnosi ne mogu držati korak s neprestanim napretkom tehnologije.⁸⁹

3.1. Promjena lokacije proizvodnje

Ono što je zanimljivo u aktualnoj globalnoj proizvodnji jest činjenica da udio dodane vrijednosti proizvodnih tvrtki u globalnom BDP-u opada već desetljećima, jer usluge rastu relativno brzo. Tri četvrtine država - uključujući Kinu - doživljava pad udjela proizvodnje u BDP-u. U mnogim zemljama s niskim i srednjim prihodima najveći udjeli zaposlenosti u proizvodnji dogodili su se na nižim razinama razvoja. Taj se proces povećanja zaposlenosti na nižim razinama razvoja naziva "preuranjenom deindustrijalizacijom"⁹⁰

Nove tehnologije i njihove sve veće stope usvajanja transformiraju proizvodne procese, i oni se uvode u globalno okruženje koje se razvija. Industrijska automatizacija i napredna robotika, digitalizacija i integracija sustava temeljenih na internetu (industrijski inteligentni internet) i aditivna proizvodnja (3D tiskanje) mogle bi značajno promijeniti lokacije koje su atraktivne za proizvodnju ne samo napredne robe, ali i više tradicionalnih proizvedenih dobara. Globalizacija je glavni pokretač izvozne vođene proizvodnje do sada, ali se to usporava. Mnoge zemlje pokreću protekcionističke barijere zahtijevajući reindustrijalizaciju, nadogradnju svojih gospodarskih i proizvodnih sektora. Planovi za razvoj izvozne proizvodnje dodatno su pod utjecajem tehnologija Industrije 4.0. Na primjer, nanotehnologija, novi materijali i biotehnologije mogu utjecati na materijale koji se koriste i uvođenje niza novih proizvoda. Najveći utjecaj na zemlje s niskim i srednjim dohotkom vjerojatno će biti "Prerana deindustrijalizacija" proizvodnih procesnih tehnologija koje utječu na proizvodnju tradicionalno proizvedenih dobara, kao što su robotika (omogućena AI); IoT (uključujući senzore koji koriste "pametne tvornice" koje mogu biti AI-omogućene);

⁸⁹ <https://www.inddist.com/blog/2018/03/heres-how-industry-40-disrupting-shipping-distribution>

⁹⁰ Dr.Stankovic M., Gupta R., Dr.Juan E.; „Industry 4.0:Opportunities Behind The Challenge“; Unido General Conference 17, 2017.

i 3D ispis. Smanjenjem relativne važnosti konkurentnosti plaća, robotika i pametne tvornice mogu promijeniti ono što je potrebno za lokacije da budu konkurentne na globalnom tržištu proizvodnje.⁹¹

Nove tehnologije također će utjecati na raspon roba za koji bi 3D ispis mogao biti izvediv. U početku su bile dostupne samo plastične smole, pa je samim time 3D ispis bio ograničen samo na proizvodnju proizvoda od plastike, dok su sada dostupne i druge sirovine za tiskanje metalnih proizvoda i proizvoda izrađenih od mješovitih materijala. I tiskanje biološkog materijala (bioprinting) je u razvoju. Kako se 3D tiskanje širi, još uvijek postoji pitanje izbora lokacije proizvodnje. Iako uvijek postoji mogućnost proizvodnih lokacija u blizini potrošača, mnogi očekuju razvoj 3D tiska u proizvodnim čvorištima, pogotovo ako trošak 3D pisača ostane visok i ako postoje prednosti centraliziranja logističke podrške u transportnim čvorištima. Očekivanje je da mnoge tvrtke mogu odabrati locirati proizvodnju u blizini potrošača - ili na lokacijama sa nižim troškovima proizvodnje, s jednostavnim pristupom tim tržištima i gdje se mogu pouzdano riješiti prava intelektualnog vlasništva i pitanja protoka podataka. Slično kao IoT i pametne tvornice, 3D tisak naglašava sve veću automatizaciju proizvodnje. Tehnologija eliminira potrebu premještanja proizvedene robe na velike udaljenosti od proizvodnih centara i umjesto toga stavlja važnost na trgovinu uslugama - prvenstveno protok podataka – kao dio proizvodnog procesa.⁹²

U većini tvrtki, proizvodi se isporučuju kupcima kroz vrlo standardizirani proces. Marketing analizira potražnju kupaca i pokušava predvidjeti potražnju za naredno razdoblje. S tim informacijama, proizvodnja naručuje sirovine, komponente i dijelove za očekivane kapacitete, a korisnicima se kaže kada treba očekivati pošiljku. Ako sve ide dobro, razmak između potražnje i ponude na svakoj točki u sustavu je mali.. Prečesto, proizvodnja djeluje neovisno od marketinga, od kupaca, od dobavljača i drugih partnera. Nedostatak transparentnosti znači da niti jedna veza/čvor u opskrbnom lancu ne razumije što druga veza/čvor radi ili treba raditi.⁹³

⁹¹Dr.Stankovic M., Gupta R., Dr.Juan E.; „Industry 4.0:Opportunities Behind The Challenge“; Unido General Conference 17, 2017.

⁹²Dr.Stankovic M., Gupta R., Dr.Juan E.; „Industry 4.0:Opportunities Behind The Challenge“; Unido General Conference 17, 2017.

⁹³ Schrau S., Bertram P.; „Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused“;Strategy&,2017.

Tijekom sljedećih nekoliko godina to će se sve početi mijenjati. S pojavom digitalnog lanca opskrbe svaki proces će imati punu vidljivost u potrebama i izazovima drugih. Signali odnosno informacije o ponudi i potražnji će biti vidljive u bilo kojem trenutku i putovat će odmah kroz cijelu mrežu. Niska razina kritične sirovine, zaustavljanje velikog postrojenja, iznenadni porast potražnje korisnika - sve takve informacije bit će vidljive u cijelom sustavu, u stvarnom vremenu. To će zauzvrat omogućiti svim subjektima - i najvažnije, kupcu - da planira isporuku proizvoda u skladu s tim.⁹⁴

Transparentnost informacija će tvrtkama omogućiti ne samo reagiranje na poremećaje nego i njihovo predviđanje, modeliranje mreže, stvaranje scenarija "što ako" i prilagođavanje opskrbnog lanca odmah nakon promjene uvjeta. Cilj digitalnog lanca opskrbe je ambiciozan: izgraditi sasvim novu vrstu opskrbe mreže koja je i elastična i osjetljiva. Ali ako tvrtke trebaju napraviti digitalni opskrbeni lanac - ili možda pravilnije, digitalni sustav opskrbnog lanca - stvarnost, one ne mogu samo prikupljati tehnologije i graditi sposobnosti. Tvrtke također moraju pronaći ljude s pravim vještinama i upravljati prebacivanjem na kulturu koja je spremna izvršiti napore. Drugim riječima, moraju transformirati cijelu organizaciju. Digitalni opskrbeni lanac, kako se predviđa sastojat će se od osam ključnih elemenata: integriranog planiranja i izvedbe, logističke vidljivosti, nabave 4.0, inteligentnog skladištenja, učinkovitog upravljanja rezervnim dijelovima, autonomne i B2C logistike, propisane analitike opskrbnog lanca i digitalnih opskrbenih lanaca. Tvrtke koje mogu sastaviti te dijelove u koherentnu i potpuno transparentnu cjelinu dobit će ogromne prednosti u fleksibilnosti, učinkovitosti i smanjenju troškova.⁹⁵

⁹⁴ <https://www.strategyand.pwc.com/reports/digitization-more-efficient>

⁹⁵ <https://www.strategyand.pwc.com/reports/digitization-more-efficient>



Slika 15. Utjecaj 3D ispisa na opskrbni lanac

Izvor: https://www.strategyand.pwc.com/media/image/Exhibit10_Industry4-670.jpg

Kao što je prikazano na slici 15., 3D ispis će imati velik utjecaj na opskrbni lanac, doći će do promjene lokacije proizvodnje, proizvodnja će se preusmjeriti na lokacije u blizini potrošača što će utjecati i na distribuciju, također. Distribucija će biti lokalna, samim time će se smanjiti udaljenost između mjesta proizvodnje i mjesta potrošnje, shodno tome vrijeme dostave će biti kraće kao i troškovi.

3.2. Autonomna vozila

Suradnja tvrtke Otto tehnologija d.o.o s tvrtkom Uber, dovela je do opreme koja omogućuje velikim teretnim kamionima da voze samostalno. Ideja ovdje nije da se eliminiira potreba za ljudskim vozačima već da se produži vrijeme koje oni mogu provesti na cesti, dopuštajući im da odmaraju dok kamion sam vozi. To bi moglo potencijalno ukloniti potrebu za produženim zaustavljanjima čime teret može brže dospjeti do odredišta.⁹⁶

Teslin potpuno električni kamion također će vjerojatno biti opremljen tehnologijom samo-vožnje, koja bi u konačnici mogla postati potpuno autonomna. To bi moglo omogućiti da se teret isporučuje od mjesta proizvodnje do odredišta bez ikakvog zaustavljanja osobito budući da bi Tesla kamioni mogli imati raspon više od 600 milja na jednom punjenju.⁹⁷

Poput automobila, samohodni kamioni ovisit će o softveru za mapiranje i radaru kratkog dometa kako bi procijenili okolinu vozila. Bežične veze s drugim vozilima i samoj cesti pružit će dodatne informacije koje će ubrzati promet i smanjiti prometne gužve i nesreće. Mogućnost samostalnih kamionskih konvoja - modernog vlaka s više kamiona u liniji, smanjit će potrebu za ljudskim vozačima i dopustiti da kamioni voze sa malim razmakom. Unutarnji senzori će pomoći operaterima flote procijeniti štetu tereta i odrediti zahtjeve održavanja.⁹⁸

Očigledne su prednosti ovakvih vozila: brže i pouzdanije vrijeme isporuke, niži troškovi rada, uklanjanje ljudske pogreške i smanjenje emisija zahvaljujući učinkovitijem poslovanju, usmjeravanju i konvoju kamiona.

Cestovni promet nije jedino mjesto na kojem se mijenja tehnologija, tehnologija samo-vožnje primjenjivat će se i u pomorskom prometu. Više od 90 posto isporuke proizvoda u svijetu obavlja se morem, tako da sljedeći logični korak jesu brodovi. Rolls-Royce planira imati flotu teretnih brodova spremnih za upotrebu do 2035. godine. Stvarni

⁹⁶ Ray Nichols M.; „Here's How Industry 4.0 Is Disrupting Shipping & Distribution“; Industrial Distribution, 2017.

⁹⁷ Ray Nichols M.; „Here's How Industry 4.0 Is Disrupting Shipping & Distribution“; Industrial Distribution, 2017.

⁹⁸ Schrauf S., Bertram P.; Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused, Strategy&, 2016.

proces dostave brodom ili kamionom neće se mijenjati, barem neko vrijeme. Jedina razlika će biti u tome je li osoba ili stroj iza upravljača.⁹⁹

3.3. Dronovi

Mali radio-kontrolirani dronovi su izvrsne igračke za popodneve zabave, ali kakve veze oni imaju veze sa dostavom i distribucijom?

Za male narudžbe, dronovi imaju sve što je potrebno. Većina velikih dostavnih tvrtki, kao što su Amazon, FedEx i UPS koriste dronove kako bi pomogli svojim vozačima, posebno u ruralnim područjima. Ideja je da bi autonomni dron mogao isporučiti pakete u ruralnim i urbanim područjima. U urbanim područjima, isporuka dronom uklanja problem zagušenja prometa dok u ruralnim područjima uređaji mogu pomoći u isporuci proizvoda korisnicima koje se nalaze na teško dostupnim lokacijama, izvan prometnica.¹⁰⁰

Američka tvrtka Amazon ima lošu reputaciju zbog načina na koji tretira svoje zaposlenike, nedavno su patentirali ručni pojas koji prati svaki pokret zaposlenika u nastojanju da smanje vrijeme između potražnje i dostave. Još jedan korak koji poduzimaju kako bi se to vrijeme još više smanjilo je zamjena ljudi robotima. Ti roboti mogu odabrati, pakirati i poslati proizvod u manje od 15 minuta - posao koji obično zaposleniku oduzme 60 do 75 minuta, prema informacijama koje je objavio Amazon. Tvrtka očekuje da će uštedjeti oko 2,5 milijardi dolara ako instaliraju robote u svih 110 skladišta diljem zemlje.¹⁰¹

⁹⁹ Ray Nichols M.; „Here's How Industry 4.0 Is Disrupting Shipping & Distribution“; Industrial Distribution, 2017.

¹⁰⁰ Ray Nichols M.; „Here's How Industry 4.0 Is Disrupting Shipping & Distribution“; Industrial Distribution, 2017.

¹⁰¹ Ray Nichols M.; „Here's How Industry 4.0 Is Disrupting Shipping & Distribution“; Industrial Distribution, 2017.

4. TRENUTNO STANJE PRIMJENE KONCEPATA INDUSTRIJE 4.0 U DISTRIBUCIJSKOM SUSTAVIMA

Posljednjih nekoliko godina vidljiv je razvoj tehnologija u proizvodnji i distribuciji. Ovaj spoj digitalnih i fizičkih sustava - poznatih kao industrija 4.0, je otvorio put za povezivanje iskustva koja utječu na sve od dizajna proizvoda i planiranja opskrbnog lanca do proizvodnje. Iza procesa konstruiranja i proizvodnje robe, tehnologije inherentne u industriji 4.0 također mogu utjecati na način na koji se završna roba premješta, skladišti, i distribuira.¹⁰²

Autonomna vozila su još jedna velika inovacija Četvrte industrijske revolucije. Više se ne vide samo u znanstvenim filmovima, kamioni bez vozača već su testirani na cestama diljem Europe i SAD-a.¹⁰³

Godine 2015 američka država Nevada licencirala je dva Daimlerova Freightliner Inspirational kamiona za korištenje na javnim autocestama. Opremljeni radarom, naprednim tempomatom i softverom za mapiranje, kamioni, u autonomnom načinu rada, omogućuju svojim vozačima da se usredotoče na više logističkih zadataka kao što su usmjeravanje i rutiranje vozila, čime posao vozača postaje privlačniji, sigurniji i manje monoton.

Kamioni i ovakav način prijevoza tereta dio su američke ekonomije i vjeruje se kako autonomna tehnologija ima potencijal dodatno ojačati taj sektor i učiniti ga sigurnijim, objavili su iz Wayma, kompanije poznate po autonomnim automobilima koja već neko vrijeme testira i kamione kojima upravljaju računala.¹⁰⁴

Dok će dio ljudi ovo shvatiti kao još jedan korak prema budućnosti u kojoj će vozači kamiona (i drugih vozila) ostati bez posla, ekipa iz Googlea, ali i Ubera, Tesle i drugih kompanija koje razvijaju sličnu tehnologiju za kamione vjeruje da je ovo korak prema revoluciji prijevoza tereta.¹⁰⁵

¹⁰² Taliaferro A., Guenette C.A., Agarwal A., Pochon M.; „Industry 4.0 and distribution centers Transforming distribution operations through innovation“; Deloitte Insights, 2016.

¹⁰³ <https://www.itproportal.com/features/what-does-industry-40-mean-for-the-future-of-logistics/>

¹⁰⁴ <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/googleovi-autonomni-kamioni-pocinju-s-dostavama-u-sad-u---509688.html>

¹⁰⁵ <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/googleovi-autonomni-kamioni-pocinju-s-dostavama-u-sad-u---509688.html>

Google, odnosno Waymo trebao bi vrlo brzo početi s testiranjima ovih kamiona u stvarnim situacijama te će u Atlanti njihovi kamioni kojima će upravljati računala uskoro prevoziti teret u Googleove podatkovne centre. Naravno, riječ je još o testiranju te će u kamionu morati biti i vozači spremni preuzeti kontrolu nad vozilom, pogotovo zato što ova tehnologija za kamione još nije toliko usavršena kao za automobile. U kamionima kojima će upravljati računala Waymo će koristiti tehnologiju i iskustvo koje su stekli dugogodišnjim razvojem te tehnologije za autonomna vozila te iz ove kompanije napominju kako njihov softver još "uči" voziti velike kamione. Iako su principi slični kao i pri vožnji automobila, neke su stvari ipak različite i trebaju se ponovno naučiti i testirati na kamionima – poput kočenja, skretanja, okretanja i sličnih stvari koje su kompliciranije u pretrpanim kamionima s prikolicom nego na klasičnom automobilu.¹⁰⁶

U Njemačkoj već neko vrijeme cestama 'plove' autonomni kamioni iz Mercedes-Benz za potrebe testiranja, a 4. travnja 2016. su tri takva kamiona uspješno odradila i liniju iz Stuttgarta za Rotterdam. Zahvaljujući međusobnoj povezanosti i opremljenosti autonomnim sustavima za vožnju, konvoj je ostvario uštedu na gorivu i smanjio emisije za desetak posto, uz veću razinu sigurnosti u prometu.¹⁰⁷

Kompanija Hyundai Motor obavila je prvu autonomnu vožnju tegljačem Hyundai Xcient na autoputu u Južnoj Koreji. Tegljač Xcient, sa poluprikolicom, uspješno je prevezao dionicu autoputa na relaciji Uliwang-Incheon, u dužini od 40 kilometara, simulirajući prijevoz tereta, pokazujući inovativan tehnološki napredak poduzeća Hyundai u domeni mobilnosti budućnosti. Tegljač je opremljen standardnim sistemom upravljanja razine 3, koji omogućuje da tegljač samostalno upravlja, ubrzava, ili usporava i manevrira u prometu, sve bez ljudske pomoći. Vozač je za to vrijeme u vozilu, spreman da ručno preuzme kontrolu kada je to potrebno. Vozilo je opremljeno inovativnim tehnološkim rješenjima koja su mu omogućila održavanje i promjenu traka tokom protoka prometa, otkrivanje promjena trake vozila koje su ispred njega, navigaciju kroz tunele i potpuno zaustavljanje ili ubrzavanje u skladu s prometom koji ga okružuje. Testna ruta je jedna od najčešće korištenih ruta između mjesta Uliwang,

¹⁰⁶<https://zimo.dnevnik.hr/clanak/googleovi-autonomni-kamioni-pocinju-s-dostavama-u-sad-u---509688.html>

¹⁰⁷<https://www.tportal.hr/tehnolo/clanak/europom-voze-mercedesovi-autonomni-kamioni-evo-kako-to-izgleda-20160406>

gdje je sjedište Hyundai Glovisa do luke Incheon. To uključuje ukupno 40 km autoputa. Kamion je uspješno obavio putovanje, prevezavši dionicu za 1 sat, i striktno se pridržavao ograničenja brzine od 90 km/h.¹⁰⁸

Volvo Trucks je razvio novi autonomni (samoupravljivi) kamion, sa kojim može značajno povećati produktivnost brazilskih uzgajivača šećerne trske. Kamioni koji se koriste za transport tek ubrane šećerne trske, se kreću kroz polje sa velikom preciznošću kako bi se izbjeglo oštećivanje mladih stabljika, koje su u fazi formiranja za berbu naredne sezone. Trenutno se oko 4% usjeva izgubi, kao mlade biljke, koje pregaze vozila koja vrše berbu. Taj gubitak se izražava u desetinama tisuća dolara po kamionu, po sezoni.¹⁰⁹

Trenutno se šećerna trska dovozi sa polja, korištenjem kombajna i ručno voženih kamiona, koji voze jedan pored drugoga malim brzinama. Kada se kamion napuni i odveze na istovar, sljedeći kamion prilazi kombajnu i tako nastavljaju postupak. Veliki izazov za vozača kamiona predstavlja uskladiti brzinu sa brzinom kombajna, te se istovremeno u potpunosti skoncentrirati na vožnju u svojoj stazi, tako da ne 'gazi' mlade biljke koje će postati urod za sljedeću sezonu.¹¹⁰



Slika 16. Volvo automatizirano upravljanje

Izvor:https://www.kamioni.ba/wpcontent/uploads/2017/06/Volvo_Truck_2_kamioni_ba-2.jpg

¹⁰⁸<http://proauto.ba/hyundai-motor-sa-tegljacom-xcient-na-autoputu-u-juznoj-koreji-obavio-prvu-autonomnu-voznju/>

¹⁰⁹<https://www.svijet-kamiona.com/2017/12/29/volvo-trucks-autonomni-kamion-za-transport-secerne-trske/>

¹¹⁰<https://www.svijet-kamiona.com/2017/12/29/volvo-trucks-autonomni-kamion-za-transport-secerne-trske/>

Volvo Trucks je riješio ovaj problem sa novim sustavom pomoći vozaču, koji automatizira upravljanje (slika 16), te osigurava da kamion uvijek održava pravac i ne oštećuje mlade biljke. Uz pomoć GPS prijemnika, kamion slijedi kartu koordinata prilikom vožnje preko polja šećerne trske. Dva žiroskopa služe da bi se osiguralo, da ne samo prednji kotači, već i kompletno vozilo upravlja sa velikom preciznošću, da spriječi kamion da 'sklizne' više od 25 mm bočno iz zadane putanje. Prilikom berbe (punjenja kamiona), vozač može regulirati brzinu uz pomoć tempomata, ili ručno ubrzavati i kočiti. S obzirom da je vozač oslobođen zahtjevnog i preciznog upravljanja, tako je u mogućnosti da ostane skoncentriran, istovremeno i opušten i siguran tokom cijele radne smjene.¹¹¹



Slika 17. Samovozeći kamioni: ušteda za prijevoznike tvrtke?

Izvor: <https://www.ictbusiness.info/media/infografika/statista/Autonomous-Trucks-Will-Mean-Big-Savings-For-Freight-Companies.jpg>

Kao što je prikazano na slici 17 vozila bez vozača budućnost su na prometnicama diljem svijeta, a realnost bi mogla postati već do 2025. godine. I time donijeti uistinu velike uštede prijevoznicima. Konkretnije, za devet bi godina ušteda

¹¹¹<https://www.svijet-kamiona.com/2017/12/29/volvo-trucks-autonomni-kamion-za-transport-secerne-trske/>

trebala iznositi 15 posto u odnosu na 2016. i 28 posto u odnosu na 2015., kad govorimo o kamionima.¹¹²

Fiksni troškovi kao što je gorivo najmanje će se smanjiti u 2025. i to je razumljivo, ali ipak će iznositi 1,4 posto manje nego u 2016. Promjenjivi troškovi kao porezi, čišćenje, komunikacija bit će 4,2 posto niži za osam godina u odnosu na situaciju lani. I na kraju trošak vozača smanjit će se za 27,2 posto.¹¹³

Posljednja stavka potpuno je razumljiva jer ako će do 2025. biti više vozila bez vozača, troškovi će se bitno smanjiti po tom pitanju. Nije to neka viša matematika niti zaključak oko kojeg se trebalo pomučiti da bi se dobio, ali je vrijedna informacija za širu sliku.¹¹⁴

Posebno kad se zna da je 2025. prijelomna godina za vozila bez vozača, kad bi trebao biti napravljen najznačajniji korak prema naprijed za uvođenje nove tehnologije. Dakle, motiv za implementaciju svakako je i ušteda.¹¹⁵

Postoje i primjeri tvrtki koje koriste male robote za isporuke. Prošle godine Starship Technologies, tvrtka koju je pokrenula izumiteljica Skype-a, uključila je tvrtku koja razvija i koristi mali robot sličan psu koji može isporučiti proizvode izravno na ulazna vrata. Već su testirani i diljem svijeta, a su trenutno u akciji u Južnom Londonu.¹¹⁶

Norveška ove godine planira predstaviti prvi autonomni i potpuno električni teretni brod, za kojeg projektanti prognoziraju da će nadomjestiti 40.000 putovanja kamionima godišnje. Proizvođač umjetnih gnojiva Yara International udružila se s industrijskom grupom Kongsberg u gradnji Yara Birkelanda, koji će prevoziti gnojiva između tri luke u južnoj Norveškoj. Na ruti duljoj od 65 nautičkih milja, brod će moći prevoziti otprilike 100 kontejnera brzinom od 12 do 15 čvorova.¹¹⁷

U početku će brodom upravljati ljudi, ali od početka 2019. godine će biti djelomice autonoman, da bi do 2020. godine bio u potpunosti automatski upravljani.

¹¹²<https://www.ictbusiness.info/poslovanje/samovozeci-kamioni-donijet-ce-velike-ustede-prijevoznicima>

¹¹³<https://www.ictbusiness.info/poslovanje/samovozeci-kamioni-donijet-ce-velike-ustede-prijevoznicima>

¹¹⁴<https://www.ictbusiness.info/poslovanje/samovozeci-kamioni-donijet-ce-velike-ustede-prijevoznicima>

¹¹⁵<https://www.ictbusiness.info/poslovanje/samovozeci-kamioni-donijet-ce-velike-ustede-prijevoznicima>

¹¹⁶ <https://www.itproportal.com/features/what-does-industry-40-mean-for-the-future-of-logistics/>

¹¹⁷<http://www.novilist.hr/index.php/layout/set/print/Znanost-i-tehnologija/Tehnologija/Ljudi-nepotrebni-Norveska-grad-prvi-elektricni-samoplovni-teretni-brod>

Svakodnevno je potrebno više od 100 putovanja kamiona za transport iz Yareove tvornice Porsgrunn do luka u Breviku i Larviku, odakle se isporučuju gnojiva i proizvodi kupcima širom svijeta. S novim autonomnim kontejnerskim brodom na električni pogon preselit će se prijevoz sa ceste na more i time smanjiti emisije buke i prašine, poboljšati sigurnost lokalnih cesta, te umanjiti emisije dušikovih i ugljikovih plinova. Očekuje se kako će se takvim prijevozom smanjiti emisije ugljikovih plinova za 678 tona godišnje, dok će za napajanje brodskih baterija koristiti gotovo isključivo električnu energiju iz hidroelektrana.¹¹⁸

Logistika je prošla kroz tri revolucionarne promijene u prošlosti. Prva inovacija (Logistika 1.0) uzrokovana je "mehanizacijom transporta" od kraja 19. stoljeća i početkom 20. stoljeća. Druga inovacija (Logistika 2.0) je "automatizacija sustava za rukovanje" od 1960-ih. Treća inovacija (Logistika 3.0) "Sustav upravljanja logistikom" od 1980. Četvrta, ujedno i inovacija koja je trenutno aktualna je Logistika 4.0, čiji je glavni pokretač IOT.¹¹⁹

Evolucija IoT-a i Big data znatno će smanjiti rad koji zahtijeva posredovanje ljudi u svakom koraku opskrbnog lanca. Nove tehnologije poput automatski vođenog vozila (AGV) i skladišnog robota zamjenjuju procese koji su rukovođeni i odlučivani od strane ljudi. Tehnologije za ovu viziju logistike 4.0 su već dostupne. U mnogim tvornicama komunikacija između kontejnera i robe je stvarnost. Mnogi klasični dnevni poslovi za zaposlenike skladišta optimiziraju se najnovijim tehnologijama, na primjer s pametnim policama, pametnim naočalama za komisioniranje, kako bi radnici brzo i bez pogrešaka odabrali odgovarajuće stavke.¹²⁰

Pametne naočale pripadaju klasi uređaja „proširene stvarnosti“ („AR“ eng. Augmented Reality) uređaja. Stvarni svijet koji korisnik vidi prilikom njihovog nošenja povezan je s virtualnim inačicama prikazanim u vidnom polju oka. To je moguće zahvaljujući zaslonima, kamerama i mikrofonom kojima su opremljene. Pametne naočale koriste se u serijskoj proizvodnji u Volkswagenu od 2016.godine.¹²¹

¹¹⁸<http://www.novilist.hr/index.php/layout/set/print/Znanost-i-tehnologija/Tehnologija/Ljudi-nepotrebni-Norveska-gradi-prvi-elektricni-samoplovni-teretni-brod>

¹¹⁹ <http://www.hannovermesse.de/en/news/key-topics/logistics-4.0/>

¹²⁰ <http://www.hannovermesse.de/en/news/key-topics/logistics-4.0/>

¹²¹ <http://www.fpz.unizg.hr/prom/?p=1056>

xPick je inovativan „pick-by-vision“ način komisioniranja razvijen u njemačkoj kompaniji Ubimax. Poboljšava manualno komisioniranje, zaprimanje, otpremu i sortiranje robe te upravljanje zalihama. Postoje različiti moduli – opcije koje se mogu kustomizirati, poput provjere težine, skeniranja barkodova, lociranja, zvučne konfirmacije i sl. Poznate kompanije korisnici Ubimaxovih AR uređaja su: Daimler, BMW, DHL, Samsung, MAN, Toyota, dm, Volkswagen¹²²

Postoji nekoliko interesantnih područja primjene „AR“ uređaja u logistici. Prilikom podizanja robe sa skladišta, ukoliko su opremljeni nosivim AR uređajima, zaposlenici mogu koristiti digitalnu navigaciju pri pronalaženju prave rute do određenog paketa, čime se ujedno smanjuje vrijeme traženja robe. Mogućnost pogreške je također manja. Ukoliko je potrebno redizajnirati skladište, pomoću ovih uređaja moguće je vizualizirati željene promjene i simulirati skladišne operacije u realnom vremenu. Lako se registriraju dostave paketa, paletni i paketni brojevi, volumen robe te se lako identificiraju oštećene pošiljke.¹²³

U međunarodnoj trgovini dokumenti odnosno trgovački termini i oznake pošiljaka mogli bi se automatski prevoditi. Prilikom vožnje osoba koja sjedi za volanom preko pametnih naočala ili projekcije na vjetrobranu može dobiti trenutne informacije o okolini, vozilu i teretu (npr. temperatura u frigo kontejnerima). Kod utovara/istovara robe zaposlenik na zaslonu AR uređaja dobiva direktne instrukcije gdje je koju paletu potrebno smjestiti. Time fizički dokumenti postaju nepotrebni, a proces utovara/istovara puno brži. Kroz cijeli opskrbeni lanac postoje mnogobrojne mogućnosti optimizacije ovim uređajima.¹²⁴

U FedEx-ovom velikom distribucijskom centru u Piedmont regiji Sjeverne Karoline, Jefe se pridružio timu. Jefe nije osoba, već robot, i među rastućom skupinom robota u FedEx objektu koji prevozi pakete kroz masivni kompleks - od točke dolaska do drugog mjesta za daljnje razvrstavanje. Dok povlači viličar za transport paketa, svaki od FedEx robota ima senzore i navigaciju kako bi kontrolirao svoje kretanje, izbjegavajući radnike i objekte na putu. Neki roboti čak imaju kognitivne alate za optimizaciju budućih putovanja na temelju prethodnog iskustva. Ono što se događa u FedEx objektu u Sjevernoj Karolini - i distribucijskim postrojenjima poput njega na

¹²² <http://www.fpz.unizg.hr/prom/?p=1056>

¹²³ <http://www.fpz.unizg.hr/prom/?p=1056>

¹²⁴ <http://www.fpz.unizg.hr/prom/?p=1056>

globalnoj razini - rastući je trend prema automatizaciji procesa u industriji logistike i distribucije (L & D), strojevima koji preuzimaju zadatke koje su ljudi prethodno obavljali.¹²⁵

¹²⁵Taliaferro A., Roziere L., Ahmed U., Dayal A., Lee J.; „Delivering digital talent- Preparing the logistics and distribution workforce for Industry 4.0 and the connected supply network“, Deloitte Insights,2018.

5. ZAKLJUČAK

Iz svega navedenog može se zaključiti da industrija 4.0 i njene glavne tehnologije predstavljaju veliki korak u napretku cijelog opskrbnog lanca. Industrija 4.0 uvodi digitalnu stvarnost koja može promijeniti pravila proizvodnje, operacije, radne snage - čak i društvo

Ipak, koncept industrije 4.0 nije jednostavan. Obuhvaća mnoge tehnologije i koristi se u različitim kontekstima. Postoji mnogo tehnologija koje definiraju industriju 4.0, a u ovom radu su opisane samo one osnovne kao što su: IoT, Big data, 3D printeri, pametne tvornice, Cloud Computing, Kibernetičko-fizički sustavi. Općenito, glavna svrha industrije 4.0 je pojava digitalne proizvodnje, nazvana i kao "smart factory", što znači pametno umrežavanje, mobilnost, fleksibilnost industrijskih operacija i njihova interoperabilnost, integracija s kupcima i dobavljačima te usvajanje inovativnih poslovnih modela.

Kao što je navedeno u radu 3D ispis će imati velik utjecaj na opskrbni lanac, doći će do promjene lokacije proizvodnje, proizvodnja će se preusmjeriti na lokacije u blizini potrošača što će utjecati i na distribuciju, također. Distribucija će biti lokalna, samim time će se smanjiti udaljenost između mjesta proizvodnje i mjesta potrošnje, shodno tome vrijeme dostave će biti kraće, a troškovi manji.

Najčešća uporaba autonomnih vozila u logistici bit će kamioni bez vozača. Očigledne su prednosti ovakvih vozila: brže i pouzdanije vrijeme isporuke, niži troškovi rada, uklanjanje ljudske pogreške i smanjenje emisija zahvaljujući učinkovitijem poslovanju, usmjeravanju i konvoju kamiona.

Evolucija IoT-a i Big data znatno će smanjiti udio ljudskog rada u svakom koraku opskrbnog lanca. Nove tehnologije poput automatski vođenog vozila (AGV) i skladišnog robota zamjenjuju procese kojima upravljaju i odlučuju ljudi. Većina velikih distribucijskih centara, poput distribucijskog centra Amazona ili Fedex-a okreću se automatizaciji i primjeni robotike u cilju povećanja učinkovitosti i smanjenju faktora ljudske pogreške.

Popis Kratica

PDP (eng. Physical to Digital to Physical) Fizičko-digitalna-fizička petlja

IoT (eng. Internet of Things) Interner stvari

PaaS (eng. Platform as a Service) Platforma kao usluga

IaaS (eng. Internet as a Service) Internet kao usluga

DaaS (eng. Desktop as as Service) Radna površina kao usluga

SaaS (eng. Software as a Service) Softver kao usluga

CPS (eng. Cyber-Physical Systems) Kibernetičko-fizički sustavi

AR (eng. Augmented Reality) Proširena stvarnost

Literatura

Znanstveni i stručni članci:

1. Cotteleer M., Sniderman B.: „Forces of change Industry 4.0“, Deloitte Insights, 2017.
2. Barreto L., Amaral A., Pereira T.: Industry 4.0 implications in logistics, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, Science Direct
3. Smit J., Kreutzer S., Moeller C., Carlberg M.: „Industry 4.0“, European Union, 2016
4. Barbero J.I.: „Industry 4.0: key features and benefits, COCOP, 2017
5. Taliaferro A., Roziere L., Ahmed U., Dayal A., Lee J.: Delivering digital talent; Preparing the logistics
6. Kenneth E.: „Industry 4.0 In Internet Of Things And The Benefits Of IoT“, Dataflog
7. Mueller E., Chen X., Riedel R.: „Challenges and Requirements for the Application of Industry 4.0: A Special Insight with the Usage of Cyber-Physical System“, Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2017.
8. Dr.O.Vermesan., Dr.P.Friess; Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds; River Publishers, Gistrup, Denmark, 2016.
9. Krebelj P.: Trends in Maintenance; Ljubljana, Slovenia; 2017
10. Zimmermann S.: „Industry 4.0 – 3D Printing in Manufacturing Industries“, Atos, 2018.
11. Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B.: „The smart factory“, Deloitte Insights, 2017.
12. Crnjac M., Veža I., Banduka N.: „From Concept to the Introduction of Industry 4.0“, International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM), Vol. 8 No 1, 2017, pp. 21-30
13. Rojko A.: „Industry 4.0 Concept: Background and Overview“, ECPE European Center for Power Electronics e.V., Nuremberg, Germany, 2017.
14. Bonuccelli G.: „Industry 4.0 and Application Virtualization“, Parallels, 2017.
15. Ezell S., Swanso B.: How Cloud Computing Enables Modern Manufacturing, American Enterprise Institute, 2017.
16. He K., & Jin M.: „Cyber-Physical System for maintenance in industry 4.0“, Jönköping University, 2016.

17. Dr. Stankovic M., Gupta R., Dr. Juan E.; „Industry 4.0: Opportunities Behind The Challenge“; Unido General Conference 17, 2017.
18. Schrau S., Berttram P.; „Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused“; Strategy&, 2017.
19. Ray Nichols M.; „Here's How Industry 4.0 Is Disrupting Shipping & Distribution“; Industrial Distribution, 2017.

Internet izvori:

1. URL: <https://www.tportal.hr/tehnolo/clanak/europom-voze-mercedesovi-autonomni-kamioni-evo-kako-to-izgleda-20160406>
2. URL: <http://proauto.ba/hyundai-motor-sa-tegljajem-xcient-na-autoputu-u-juznoj-koreji-obavio-prvu-autonomnu-voznju/>
3. URL: <https://www.svijet-kamiona.com/2017/12/29/volvo-trucks-autonomni-kamion-za-transport-secerne-trske/>
4. URL: <https://www.ictbusiness.info/poslovanje/samovozeci-kamioni-donijet-ce-velike-ustede-prijevoznicima>
5. URL: <https://www.itproportal.com/features/what-does-industry-40-mean-for-the-future-of-logistics/>
6. URL: <http://www.novilist.hr/index.php/layout/set/print/Znanost-i-tehnologija/Tehnologija/Ljudi-nepotrebni-Norveska-gradi-prvi-elektricni-samoplovni-teretni-brod>
7. URL: <https://www.cadcam-group.eu/blog/internet-of-things-industry-40>
8. URL: <http://www.kognosko.hr/xx/>
9. URL: <https://www.business-reporter.co.uk/2018/02/10/industry-4-0-finally-getting-grips-big-data/#gsc.tab=0>
10. URL: <https://www.sys-uk.com/news/industry-4-0-revolutionising-way-things-made/>
11. URL: <https://www.newgenapps.com/blog/impact-usage-application-cloud-computing-in-manufacturing>
12. URL: <http://i4academy.com/cloud-computing/>
13. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/sensors-cyber-physical-systems-and-internet-things-revolutionise-footwear-industry-portugal>
14. URL: <https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Industrie-4-0/Internet-of-things/industrie-4-0-internet-of-things-physical-systems,t=cyberphysical-systems,did=1798540.html>

15. URL: <https://www.inddist.com/blog/2018/03/heres-how-industry-40-disrupting-shipping-distribution>
16. URL: <https://www.strategyand.pwc.com/reports/digitization-more-efficient>
17. URL: <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/googleovi-autonomni-kamioni-pocinju-s-dostavama-u-sad-u---509688.html>
18. URL: <https://www.swislog.com>
19. URL: <http://www.fpz.unizg.hr/prom/?p=1056>

Popis slika

Slika 1. Razvojni koraci od industrije 1.0 prema industriji 4.0.....	3
Slika 2. Preduvjeti za uvođene industrije 4.0.....	5
Slika 3. Fizičko-digitalno-fizička petlja	11
Slika 4. IoT povezuje automobile, domove, ljude, organizacije pa čak i gradove.....	14
Slika 5. IoT integracija.....	15
Slika 6. IoT platforma	16
Slika 7. Internet razvoj u različitim industrijskim sektorima („Internet of X“)	17
Slika 8. Točka pokrića 3D printanja	22
Slika 9. Koncept pametnih tvornica.....	24
Slika 10. Računalni oblak.....	30
Slika 11. Kibernetičko-fizički sustav	31
Slika 12. Četiri koraka teorije o CPS-u	33
Slika 13. Horizontalna integracija u industriji 4.0.....	35
Slika 14. Vertikalna integracija u industriji 4.0	36
Slika 15. Utjecaj 3D ispisa na opskrbni lanac.....	40
Slika 16. Volvo automatizirano upravljanje.....	45
Slika 17. Samovozeći kamioni: ušteda za prijevoznike tvrtke?.....	46



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom _____

UTJECAJ KONCEPTA "INDUSTRIJA 4.0" NA RAZVOJ DISTRIBUCIJSKIH SUSTAVA

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, _____ 17.9.2018 _____

Student/ica:

Quincy Milodina

(potpis)